

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE PRESENTE A  
L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR  
JULIEN DESAULNIERS

UTILISATION DU «BOUM» D'ECLOSION DES MASSES D'OEUFs POUR  
DETERMINER LE MOMENT OPTIMAL DE LA PREMIERE APPLICATION  
D'INSECTICIDES CONTRE LES JEUNES LARVES DU DORYPHORE DE  
LA POMME DE TERRE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY  
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE).

AOUT 1996

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RÉSUMÉ

Le doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* Say est le principal ravageur des cultures de pommes de terre au Québec. Les dégâts causés aux plants par ses quatre stades larvaires ont un impact important sur le rendement obtenu à chaque saison. La détermination du moment optimal de la première intervention contre les jeunes larves est problématique car celles-ci sont difficilement observables par les dépisteurs agricoles et les dégâts qu'elles causent sont plutôt faibles à ce stade. Ces difficultés à établir le moment optimal d'intervention entraînent des applications supplémentaires d'insecticides qui ne sont pas toujours nécessairement utiles en regard du contrôle du ravageur. Nous avons voulu, par cette étude, vérifier, adapter aux conditions du Québec et comparer avec les méthodes conventionnelles, une stratégie d'intervention basée sur le développement des masses d'oeufs du doryphore développée au États-Unis.

L'expérimentation s'est déroulée dans trois régions du Québec lors des saisons de cultures 1994 et 1995. Dans un premier temps, en parcelles expérimentales, on a adapté et utilisé la méthode «boum» d'éclosion (application d'insecticides 6 à 9 jours après l'observation du «boum» d'éclosion) tout en la comparant avec la stratégie préconisée par le Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec qui recommande d'effectuer la première application d'insecticides dès le début de l'éclosion des oeufs. En second lieu, en champs commerciaux, la méthode «boum» d'éclosion était comparée à la

stratégie du Réseau de dépistage agricole du centre du Québec qui recommande la première application lorsque l'on observe une densité de 3 à 5 unités larvaires. Nous avons également tenté de découvrir une relation entre les degrés-jours et l'observation du «boum» d'éclosion. L'expérience en parcelles expérimentales, en 1994, nous a permis de vérifier que la stratégie «boum» d'éclosion pouvait permettre de réduire le nombre d'applications d'insecticides utilisés dans une saison tout en obtenant des densités, des dommages et des rendements comparables à ceux obtenus avec la stratégie conventionnelle. Par contre, il a été impossible de rééditer ces résultats en 1995 alors que les températures plus chaudes ont fortement accéléré le développement des doryphores. En champs commerciaux, cette nouvelle stratégie permet une économie de temps appréciable lors du dépistage des petites larves, sans toutefois diminuer la quantité d'insecticides employés. Quant à l'utilisation des degrés-jours, la moyenne de  $184,95 \pm 20,34$  degrés-jours, entre le début de la ponte et la première application, obtenue en champs commerciaux démontre que cette voie est très prometteuse. D'ailleurs, un ajustement de la méthode se doit d'être fait en fonction de la température ambiante enregistrée pendant le développement des oeufs. Cette étude a donc démontré le potentiel de cette stratégie d'intervention contre les jeunes larves du doryphore.

## REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes se sont impliquées dans la réalisation de ce projet de recherche. A commencer par le Dr Jean-Pierre Bourassa que j'aimerais particulièrement remercier d'avoir accepté la direction de ce projet, de m'avoir soutenu tout au long de sa réalisation par sa disponibilité et enfin pour ses conseils lors de la rédaction de ce mémoire ainsi que son aide matérielle.

Je tiens également à remercier le Dr Raymond-Marie Duchesne et son équipe du Service de phytotechnie du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, instigateur du projet et sans qui, ce dernier ne se serait pas réalisé. Son aide, son implication et ses conseils furent grandement appréciés.

Mes remerciements vont aussi au Réseau de dépistage agricole du centre du Québec qui m'a permis, tout en m'assurant un support financier, de mener l'expérimentation chez des producteurs de pommes de terre qu'il dessert. Des remerciements particuliers à M. Guy Fradette tant pour son soutien technique que moral ainsi qu'à tous les dépisteurs qui ont effectué le suivi en champs expérimentaux au cours de ces deux saisons, vos efforts ont été pleinement appréciés et très utiles.

J'aimerais également remercier quelques «collègues» étudiants du laboratoire d'entomologie dont M. Stéphane Cayouette et Mme Louise Lambert pour leur support et leurs conseils.

Je remercie également Mme Vicky Milot pour son aide à la correction des textes et pour son support tout au long de ces années.

Cette étude a été rendue possible grâce à la participation du Ministère de l'agriculture des pêcherie et de l'alimentation du Québec par le biais du programme d'innovation technologique en 1994 et 1995, du BNMLA en 1994, d'Agriculture Canada, station de Saint-Jean-sur-Richelieu en 1995, du réseau de dépistage agricole du centre du Québec et de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

## TABLE DES MATIERES

	PAGE
RESUME. . . . .	i
REMERCIEMENTS. . . . .	iii
TABLE DES MATIERES. . . . .	v
CHAPITRE 1. . . . .	1
INTRODUCTION GENERALE. . . . .	1
Problématique. . . . .	1
Description générale du projet. . . . .	6
CHAPITRE 2 - Stratégie d'intervention basée sur l'éclosion des masses	
d'oeufs du doryphore de la pomme de terre. . . . .	10
Résumé. . . . .	10
Introduction. . . . .	12
Matériel et méthodes. . . . .	16
Résultats et discussion. . . . .	20
Utilisation des abris. . . . .	20
Proportion de petites larves. . . . .	20
Contrôle du ravageur. . . . .	21

Utilisation des degrés-jours. . . . .	23
Conclusion. . . . .	25
Remerciements. . . . .	27
Références. . . . .	28
Tableaux et figures de l'article. . . . .	32
 CAHPITRE 3 - Application commerciale d'une stratégie d'intervention	
basée sur le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs du	
doryphore de la pomme de terre. . . . .	44
Résumé. . . . .	44
Introduction. . . . .	46
Matériel et méthodes. . . . .	49
Résultats. . . . .	52
Utilisation des abris. . . . .	52
Efficacité de l'approche. . . . .	52
Utilisation des degrés-jours. . . . .	54
Discussion. . . . .	57
Utilisation des abris. . . . .	57
Efficacité de l'approche. . . . .	57
Utilisation des degrés-jours. . . . .	58
Comparaison avec d'autres approches. . . . .	60
Conclusion. . . . .	61



Remerciements. . . . .	63
Références. . . . .	64
Figure et tableaux de l'article. . . . .	69
CHAPITRE 4. . . . .	75
CONCLUSION GENERALE. . . . .	75
REFERENCES. . . . .	78
ANNEXE 1. . . . .	80
Figures complémentaires. . . . .	80
ANNEXE 2. . . . .	86
Directives aux auteurs. . . . .	86
The Canadian Entomologist. . . . .	87

## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce projet de recherche a été réalisé dans le cadre du programme de Maîtrise en sciences de l'environnement de l'Université du Québec à Trois-Rivières; il porte sur l'adaptation aux conditions du Québec et l'application d'une méthode permettant la réalisation de la première application d'insecticides, contre les jeunes larves du doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* Say, au moment optimal, afin d'obtenir un meilleur contrôle du ravageur et de diminuer la quantité de matières chimiques actives déversées dans l'environnement. Cette recherche a été réalisée sous la direction du Dr Jean-Pierre Bourassa.

#### Problématique

Le doryphore hiverne à l'état adulte dans la terre et apparaît presque au même moment que survient la levée des plants de pomme de terre (annexe 1, figure 1). Les pullulations commencent lorsque les températures journalières moyennes atteignent 14° C. Après deux semaines d'alimentation, il y a accouplement et ponte d'oeufs de couleur jaune orangé, groupés de 10 à 30 sur la face inférieure des feuilles (Radtke et Rieckmann 1991).

Les femelles peuvent aussi avoir été inséminées avant la diapause hivernale (Weber et Ferro *in* Zehnder *et al.* 1994). Assez rapidement, les larves apparaissent et se nourrissent des feuilles. Elles passent par quatre stades larvaires en 10 à 20 jours dépendant de la température ambiante (Hare 1990). La proportion de feuillage consommé par chaque stade larvaire est relativement constante. Le premier stade est responsable d'environ 3% de la consommation de feuilles, le deuxième d'environ 5%, le troisième de 15% et enfin, 77% de la consommation du feuillage est attribuable aux individus de quatrième stade larvaire (Logan *et al.* 1985). Par la suite, les larves du quatrième stade tombent au sol et s'enfoncent de 2 à 20 cm dans la terre où elles se transforment en nymphes. Les individus ayant atteint le stade adulte sortent après 1 à 2 semaines et se remettent à dévorer avant de s'enfoncer à 20-25 cm dans le sol pour l'hivernage (Radtke et Rieckmann 1991). Au Québec, une certaine proportion des adultes de première génération s'accoupleront à nouveau mais les larves ainsi produites ne dépasseront que rarement le quatrième stade (obs. pers.). Cette deuxième génération est moins problématique car elle se produit de façon moins massive et assez tard en saison, soit en août et en septembre (obs. pers.).

Historiquement, les applications d'insecticides contre le doryphore étaient réalisées selon les coutumes ou les croyances des producteurs. Certains débutaient les applications selon une date précise, d'autres utilisaient la pleine lune comme repère, les interventions étaient souvent faites à intervalle fixe et la plupart du temps, tous les champs de la ferme étaient traités en même temps. Enfin, très peu utilisaient un dépistage systématique et un

décompte d'insectes afin d'intervenir qu'en cas de nécessité.

Depuis les 10 à 15 dernières années, on cherche de plus en plus à diminuer le nombre d'applications et la quantité d'insecticides utilisés pour lutter contre les ravageurs de cultures. Des réseaux de dépistage agricole se sont développés et avec eux des méthodes d'interventions comme les applications selon des seuils de densité (3-5 Unités Larvaires par exemple où 1 U.L. = 5 petites larves ou 1 grosse larve) et les traitements de bordure de champs seulement ont pris de l'ampleur. Quant au Ministère de l'agriculture, des pêcherie et de l'alimentation du Québec, il préconise d'effectuer la première application d'insecticides dès l'apparition des premières petites larves soit au début de l'éclosion des oeufs.

Maintenant, les intervenants du milieu agricole cherchent des moyens pour mieux gérer les doryphores et les insecticides tout en diminuant la tâche des dépisteurs agricoles afin d'alléger les coûts monétaires et environnementaux reliés à la lutte aux ravageurs. On s'entend généralement pour dire qu'il est plus ardu de déterminer la période optimale de la première intervention contre les jeunes larves du doryphore car ces dernières sont difficiles à observer de façon sûre à cause de leur petite taille et du faible dommage qu'elle causent (Ferro *et al.* 1985; Zehnder *et al.* 1992). L'élimination des décomptes systématiques, s'ils sont remplacés par une technique fiable, serait donc souhaitable. Par ailleurs, il est raisonnable de croire que plus le premier traitement insecticide contre les

petites larves sera efficace, moins le doryphore causera de problèmes pour le reste de la saison.

Cette problématique de la première intervention a déjà été abordée par le MAPAQ dans des travaux qui ont débouché sur les conclusions suivantes: a) le traitement dès l'émergence des L1 survient trop hâtivement, il procure une grande sécurité par rapport au contrôle de l'insecte mais entraîne généralement des applications supplémentaires qui n'améliorent pas les résultats si l'on considère le développement de la première génération de doryphores; b) quant au seuil de 3-5 U.L., il permet de retarder la première intervention tout en produisant des résultats satisfaisants mais les calculs qu'il exige alourdissent la tâche des dépisteurs et cette méthode comporte le risque que les grosses larves, qui sont déjà apparues, provoquent une augmentation rapide du degré de défoliation qu'un traitement insecticides ne va pas toujours réparer (Duchesne et Jean 1993). Ces résultats du MAPAQ (annexe 1, figures 2 et 3) appuient les travaux de Zehnder *et al.* (1992) et laissent entrevoir la possibilité d'établir un moment d'intervention associé au développement des oeufs.

Zehnder et son équipe proposent d'utiliser le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs comme principal indice à partir duquel est déterminé le moment optimal d'intervention contre les jeunes larves. Le «boum» d'éclosion est établi quand un tiers ou plus des masses d'oeufs, étiquetées au préalable, est éclos. Il se manifeste généralement, selon Zehnder *et al.* (1992), par une augmentation soudaine du taux cumulatif d'éclosion à l'intérieur de 24

heures. Dans les travaux de ces derniers, par exemple, ce taux est passé de 2,7 à 33% en 1989 et 1990, ainsi que de 18 à 64% en 1991. A partir de ce moment, d'une façon optimale, la première application d'insecticides devrait être effectuée, toujours selon Zehnder *et al.* (1992), dans un délai de 6 à 9 jours après l'observation du «boum» d'éclosion. Pour alléger la tâche de suivi des masses d'oeufs, il semblerait possible de recueillir des feuilles portant des masses d'oeufs échantillons et de les conserver dans un abri bien aéré afin d'en suivre les pourcentages d'éclosions. Enfin, les auteurs mentionnent également qu'il semblerait possible d'utiliser les degrés-jours pour déterminer le «boum» d'éclosion, suite à l'observation du début de la ponte, ce qui limiterait encore plus le travail au champ.

L'objectif général de cette étude est donc de réduire le nombre d'applications d'insecticide chimique tout en optimisant leur efficacité dans le but de garder à des niveaux acceptable économiquement les densités de ravageurs, d'augmenter le rendement en pommes de terre, diminuer les coûts de productions reliés à une quantité moindre de produits utilisés et à un temps de dépistage moins important, et diminuer la quantité de matières chimiques actives déversées dans l'environnement. En fait, cette étude vise à obtenir un mode d'intervention plus efficace au niveau de la gestion du doryphore et de la production de pommes de terre ainsi que plus respectueux de l'environnement.

Les objectifs spécifiques sont quant à eux de: a) vérifier si la méthode utilisant le

«boum» d'éclosion des masses d'oeufs, développée par Zehnder *et al.* (1992), peut permettre de diminuer le nombre d'applications d'insecticides nécessaire pour obtenir les mêmes ou de meilleurs résultats (densité d'insectes, rendement) au cours d'une saison, qu'avec les deux méthodes actuellement en vigueur au Québec; b) vérifier si le taux d'éclosion des masses d'oeufs recueillies et conservées dans un abri est similaire au taux observé dans le champ; c) déterminer s'il y a un nombre de degrés-jours constant que l'on peut utiliser pour prédire avec précision le moment où l'on observera le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs des doryphores printaniers. En conséquence, notre étude vise à vérifier la validité de la méthode de Zehnder *et al.* (1992) mise au point aux États-Unis sous les conditions du Québec.

### **Description générale du projet**

L'étude s'est déroulée dans trois régions du Québec soit celles de Nicolet, de Joliette et de Portneuf pendant les saisons de cultures 1994 et 1995. Dans cette dernière région ont été regroupées les parcelles expérimentales situées à la ferme expérimentale du MAPAQ à Deschambeault. Pour ce qui est des autres régions, l'expérimentation s'est déroulée dans des champs commerciaux appartenant à des producteurs de pommes de terre adjoints au Réseau de dépistage agricole du centre du Québec. Dans tous les cas, avec des protocoles expérimentaux quelque peu différents, l'étude visait à comparer les méthodes d'intervention actuelles contre les jeunes larves du doryphore avec une méthode basée sur l'observation

du «boum» d'éclosion des masses d'oeufs. Dans les parcelles expérimentales, on a comparé la stratégie MAPAQ (application dès l'émergence des L1) avec la stratégie «boum» d'éclosion alors qu'en champs commerciaux, la stratégie RDACQ (application lorsqu'on enregistre de 3 à 5 U.L./plant) y était encore une fois comparée à la méthode «boum» d'éclosion.

Un certain nombre d'observations ont été effectuées selon la stratégie d'intervention utilisée. Pour les parcelles et les champs où les stratégies conventionnelles (MAPAQ ou RDACQ) étaient en vigueur, les densités d'adultes, de masses d'oeufs, de petites et de grosses larves ainsi que la défoliation et le stade phénologique des plants ont été évaluées régulièrement tout au long de la saison.

Pour les parcelles et les champs associés à la stratégie «boum» d'éclosion, en plus des observations déjà mentionnées pour les stratégies conventionnelles, un suivi particulier des masses d'oeufs a été fait. Ainsi, lorsque 10% ou plus des plants portaient au moins une masse d'oeufs, certaines de celles-ci étaient identifiées sur les plants alors que d'autres étaient recueillies et conservées dans un abri. Cet abri était constitué d'une cage grillagée, recouverte d'une pellicule de plastique, et surélevée par rapport au sol (environ à la hauteur des plants) afin d'éviter le bris des cages par les petits mammifères. Les feuilles portant les masses d'oeufs étaient déposées dans des plats de Pétris dans lesquels une ouverture grillagée avait été pratiquée. Les Pétris étaient par la suite déposés dans les abris (annexe



1, figure 4). Ce système permettait de fournir une bonne aération aux masses d'oeufs tout en les protégeant des prédateurs et des intempéries. Chaque jour, ces masses étaient observées afin que l'on puisse établir le pourcentage d'éclosion et identifier le «boum» d'éclosion (plus de 30% d'éclosion cumulatives en 24 h); les applications d'insecticides étaient, dans ces cas, réalisées 6 à 9 jours suivant l'observation du «boum» d'éclosion.

Enfin, la relation entre les degrés-jours et l'observation du «boum» d'éclosion a pu être établie suite à l'utilisation de données provenant de stations météorologiques présentes près des sites d'expérimentation.

Le présent mémoire de maîtrise comprend deux sections rapportant les résultats et discussions liés à cette étude. La première partie (chapitre 2) porte sur l'adaptation de la méthode «boum» d'éclosion en parcelles expérimentales à l'aide de différents insecticides utilisés dans un milieu uniforme et, dans la mesure du possible, contrôlé. L'utilité et le potentiel de la méthode à maintenir des densités larvaires, des dommages aux plants et des rendements acceptables y sont discutés en regard d'un protocole d'observations rigoureux et d'interventions précises. La deuxième partie (chapitre 3) présente l'application en champs commerciaux de la méthode «boum» d'éclosion dans le contexte d'une utilisation réelle chez des producteurs. Nous y commenterons l'économie de temps de dépistage des champs qu'elle suggère, l'efficacité de la méthode ainsi que le potentiel d'utilisation des degrés-jours dans la prédiction du moment d'intervention. Ces deux sections, (chapitre 2 et 3) sont

présentées sous forme d'articles scientifiques devant être soumis, tous deux, à la revue «The Canadian Entomologist» selon les directives émanant de cette dernière.

Ce mémoire prenant la forme de deux articles scientifiques, les listes de tableaux et figures ne sont pas nécessaires et ne sont pas intégrés aux textes.

## CHAPITRE 2

### STRATEGIE D'INTERVENTION BASEE SUR L'ECLOSION DES MASSES D'OEUFs DU DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)

DEPARTEMENT DE CHIMIE-BIOLOGIE, UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES,  
C.P. 500, TROIS-RIVIERES (QUEBEC), CANADA \ G9A 5H7

#### Résumé

L'application d'insecticides, dès l'émergence des petites larves du doryphore *Leptinotarsa decemlineata* Say, procure une très grande sécurité quant au contrôle de l'insecte mais entraîne généralement des applications répétées qui pourraient être évitées en touchant un maximum de petites larves avec une seule application faite au moment opportun. Des travaux récents ont suggéré d'utiliser l'éclosion des masses d'oeufs comme principal indice pouvant servir à déterminer la période optimale pour la première application d'insecticides contre les petites larves. Une méthode utilisant le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs a été appliquée et comparée, en parcelles expérimentales, au cours des saisons 1994 et 1995,

à la stratégie utilisant une intervention dès le début de l'éclosion des oeufs. La méthode «boum» d'éclosion nous a permis, en 1994, d'utiliser une application d'insecticides de moins qu'avec la méthode conventionnelle tout en maintenant des densités d'insectes, des dommages aux plants et des rendements similaires. Les travaux de 1995 nous ont permis de comprendre que la température de l'air, au cours du développement des oeufs, est un facteur qui influence grandement l'évolution des densités larvaires. D'ailleurs, une moyenne de  $89,16 \pm 9,19$  degrés-jours observée pendant les deux saisons, entre le début de la ponte et l'observation du «boum» d'éclosion, pourrait servir à prédire le moment optimal d'intervention contre les jeunes larves.

## Introduction

Importante économiquement au Québec, avec près de 17 000 ha (Jean et Duchesne 1994), la culture de la pomme de terre est principalement affectée par le doryphore *Leptinotarsa decemlineata* Say, comme c'est le cas dans toutes les régions où l'on cultive des pommes de terre en Amérique du nord (Hare 1990; Duchesne et Jean 1993; Weber et Ferro 1994). La réduction de la surface chlorophyllienne, causée par ce ravageur, engendre des diminutions de rendement dans les cultures (Zehnder et Evanylo 1989). Plus ou moins résistant à toutes les classes majeures d'insecticides synthétiques modernes (Forgash 1984; Hare 1990; Jean et Duchesne 1994), le doryphore reçoit annuellement la plus grande quantité de matières chimiques actives pour une culture au Québec, soit quelque 25 000 kg (Jean et Duchesne 1994).

Il est donc important d'orienter les recherches à long terme vers des solutions alternatives aux insecticides chimiques tout en se concentrant, à court terme, sur le développement de stratégies de lutte permettant une utilisation réduite et optimale des produits chimiques présentement utilisés afin de réduire aussi bien les coûts reliés à la répression du doryphore que la quantité de matières chimiques actives rejetées dans l'environnement.

Chez le doryphore, le premier stade larvaire est responsable d'environ 3% de la consommation de feuilles, le deuxième d'environ 5%, le troisième de 15% et enfin, 77% de la consommation de feuilles est attribuable au quatrième stade larvaire (Logan et al. 1985).

Les doryphores sont les plus dommageables lors des stades L3 et L4 de la première génération, correspondant souvent à la période de floraison des plants. C'est à cette période que la défoliation, importante à ce moment, affecte le plus le rendement en pommes de terre (Shields et Wyman 1984; Boiteau 1988; Mailloux et Bostanian 1989). D'autre part, l'inefficacité relative des insecticides chimiques ne permet plus toujours aux producteurs de pommes de terre d'attendre l'arrivée des grosses larves pour réaliser un traitement insecticide qui enrayerait d'un seul coup le problème. Le problème revient donc à déterminer le moment optimal pour l'application du premier traitement insecticide. En effet, il est raisonnable de croire que plus la première application d'insecticides contre les larves L1 et L2 sera efficace, moins le doryphore causera de problèmes pour le reste de la saison.

Par le passé, le Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec recommandait d'effectuer la première application dès l'apparition des premières larves soit au début de l'éclosion des oeufs (10 à 30% d'éclosion). Cette problématique de la première intervention a déjà été abordée par le MAPAQ dans des travaux qui concluent que l'application d'insecticides dès l'émergence des L1 survient trop hâtivement, qu'elle procure une grande sécurité par rapport au contrôle de l'insecte, mais entraîne généralement l'application d'un traitement supplémentaire qui n'améliore pas, de façon tangible, les résultats si l'on considère le développement de la première génération (Duchesne et Jean 1993). L'approche idéale d'intervention contre le doryphore retarderait la première application d'insecticides jusqu'à ce qu'une masse importante de petites larves soit enregistrée sur les plants. Par la suite, des interventions rapprochées à la dose maximale

du produit pourraient réussir à réduire de façon satisfaisante les densités larvaires du ravageur. Les résultats préliminaires obtenus par le MAPAQ (Duchesne et Jean 1993) appuient en ce sens les travaux de Zehnder et al. (1992) qui laissent entrevoir la possibilité d'établir un moment d'intervention associé au développement des oeufs.

Dans leurs travaux, Zehnder et al. (1992) utilisent le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs comme principal indice à partir duquel est déterminé le moment optimal d'intervention contre les jeunes larves. Ces travaux ont été faits en vue d'une utilisation de *Bacillus thuringiensis* (M-ONE<sup>®</sup>) comme insecticide car celui-ci est surtout efficace contre les petites larves (Zehnder et Gelernter 1989). Nous croyons cependant que cette même approche peut, de plus, être appliquée avec les insecticides chimiques actuellement homologués au Canada. D'ailleurs, Boiteau (1986) mentionne que les traitements aux insecticides chimiques sont plus efficaces lorsqu'effectués à la fin de l'émergence des petites larves et/ou au tout début de l'apparition des grosses larves. L'approche choisie pour cette étude consiste donc à vérifier la méthode proposée par Zehnder et al. (1992) et de l'adapter aux conditions du Québec. Cette méthode, si elle s'avérait efficace, pourrait permettre d'avoir de meilleurs résultats au niveau du contrôle des doryphores et du rendement en pommes de terre tout en diminuant le nombre d'applications d'insecticides, amenant une réduction des coûts de production, de la quantité de matières actives déversées dans l'environnement et du rythme de développement de la résistance (Roush et al. 1990) par une exposition moindre des doryphores aux insecticides.

L'expérience menée lors de notre étude a pour but de vérifier si la méthode «boum»

d'éclosion de Zehnder et al. (1992) peut s'appliquer en parcelles expérimentales, d'en analyser l'efficacité au Québec ainsi que d'étudier la possibilité d'utiliser les degrés-jours (D-J) pour prédire l'observation du «boum» d'éclosion.



## Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée au cours des saisons de cultures 1994 et 1995 à la ferme expérimentale du MAPAQ située à Deschambeault (Québec) dans le comté de Portneuf. Les parcelles, de 7,5 m de longueur comprenant 4 rangs espacés de 0,91 m, étaient disposées selon un plan à blocs aléatoires complet avec quatre répétitions. Les pommes de terre (variété: Superior) ont été semées le 4 juin en 1994 et plus tardivement en 1995 soit le 19 juin. La fertilisation a été faite avec 1400 kg de 10-12-12 contenant du magnésium et des oligo-éléments. Un herbicide (Lorox 480, dose: 2 kg/ha) a été appliqué le 6 juin 1994 et le 23 juin en 1995. L'introduction de 150 adultes/parcelle a été réalisée le 23 juin pour les deux saisons d'étude.

Afin de comparer l'approche d'intervention préconisée par le MAPAQ (stratégie conventionnelle: dès l'apparition des L1, environ 30% d'éclosion) à celle associée au «boum» d'éclosion (première intervention 6 à 9 jours après le «boum» d'éclosion) l'application des insecticides a été faite selon cinq traitements en 1994 alors que sept traitements ont été utilisés en 1995 suite à l'ajout de l'insecticide Novodor (Tableau 1).

Les applications d'insecticides ont été réalisées, selon les dates présentées au Tableau 2, à l'aide d'un pulvérisateur monté sur un tracteur et aux doses mentionnées plus haut (Tableau 1), en maintenant une pression de 1641,4 kPa pour un volume de 800 L d'eau à l'hectare. Dans tous les cas, il suffisait que le moment d'intervention pour un traitement soit atteint dans une parcelle pour que l'application d'insecticides soit réalisée dans l'ensemble des autres répétitions.

Un certain nombre d'observations ont été effectuées selon la stratégie d'intervention utilisée pour chaque parcelle. Pour celles où la stratégie MAPAQ était en vigueur, les densités de masses d'oeufs, de doryphores adultes, de petites et de grosses larves, étaient évaluées à tous les jours avant la première application d'insecticides, puis à tous les 3 ou 4 jours après les applications et enfin, 7 et 14 jours après la dernière application d'insecticides. L'évaluation de ces densités se faisait sur 10 plants/parcelle situés dans les deux rangs du centre. L'indice de défoliation (ou de dommages) était évalué selon la méthode Boiteau qui utilise un indice gradué de 0 à 8 (0-100% de défoliation). Cette évaluation se faisait avant les applications d'insecticides, 7 et 14 jours après la dernière application puis avant le défanage (effectué les 18 et 22 août 1994 et le 28 août 1995), dans les deux rangs du centre de la parcelle. Les rendements en tubercules ont été déterminés, le 31 août 1994 et le 6 septembre 1995, en récoltant et en classant les tubercules produits dans les deux rangs du centre. Enfin, le stade phénologique des plants de pommes de terre a été évalué deux fois par semaine, de la levée des plants jusqu'à leur récolte.

Pour les parcelles où la stratégie du «boum» d'éclosion était en vigueur, les densités, les dommages, le rendement ainsi que le stade phénologique ont été déterminés de la même façon que pour la stratégie MAPAQ. De plus, pour ces parcelles, le pourcentage d'éclosion des masses d'oeufs a été suivi de façon particulière. Ainsi, lorsque 10% et plus des plants dans la parcelle portaient au moins une masse d'oeufs, 10 masses étaient marquées et leur pourcentage d'éclosion cumulatif noté deux fois par jour. Lorsque le pourcentage d'éclosion dépassait 30% en 24h, le «boum» d'éclosion était établi pour cette date. L'application

d'insecticides était réalisée 6 à 9 jours suivant l'observation du «boum» d'éclosion.

En 1995, en plus des masses d'oeufs marquées dans les parcelles, 30 masses ont été recueillies et conservées dans un abri près des parcelles, comme le proposent Zehnder et al. (1992). Cet abri permettait de fournir une bonne aération aux masses d'oeufs tout en les protégeant des prédateurs et des intempéries. A chaque jour, les masses d'oeufs étaient observées afin que l'on puisse établir le pourcentage d'éclosion et enregistrer le «boum» d'éclosion (plus de 30% d'éclosion cumulatives en 24 h.).

En plus de celles déjà décrites, quelques autres parcelles situées sur le même site ont été utilisées pour le suivi de l'éclosion des masses d'oeufs, l'observation du «boum» d'éclosion et pour le suivi des densités larvaires au cours des deux saisons. Par contre, aucune application d'insecticides n'a été effectuée sur ces parcelles. Deux variétés de pommes de terre (Superior et Kennebec) étaient utilisées dans ces parcelles et un abri a été utilisé pour chacune de ces variétés en 1995. Des masses d'oeufs y ont été identifiées et suivies en trois vagues séparées de cinq à sept jours.

Une station météorologique a permis d'obtenir les données de la température de l'air nécessaires au calcul des degrés-jours. L'accumulation de ces derniers a été calculée à l'aide des températures moyennes quotidiennes du début de la ponte jusqu'à la première application d'insecticides. Leur calcul a été effectué avec des températures minimales de développement de 10° C (Logan et Casagrande 1980; Ferro et al. 1985) et de 5° C (Cloutier et al. 1993).

Les valeurs de densités, de dommages et de rendements pour chacun des traitements

ont été interprétées statistiquement à l'aide d'analyses de variance (ANOVA, SAS Institute 1985) et de tests de comparaisons multiples (Waller-Duncan, SAS Institute 1985; Zar 1974; Scherrer 1984). L'indice de défoliation étant une variable semi-quantitative, les données originales ont été transformées en rangs pour chaque bloc. Les analyses de variance ont été faites sur les rangs, ce qui représente l'équivalent d'un test non paramétrique de Friedman.

## Résultats et discussion

### Utilisation des abris

Les pourcentages d'éclosion des masses d'oeufs maintenues sous abris présentent une corrélation étroite avec ceux obtenus à l'aide des masses marquées sur les plants de pommes de terre dans les parcelles (Fig. 1), et ce, pour un  $R^2 = 0,93$ . Ceci démontre bien que le suivi de l'éclosion des masses d'oeufs peut se faire à partir de masses conservées sous abris, ce qui pourrait amener un gain de temps intéressant dans la tâche des dépisteurs agricoles et même être utile aux propriétaires d'entreprises agricoles.

### Proportion de petites larves

Comme on peut le voir au Tableau 3, les premières applications d'insecticides dans les parcelles à stratégie «boum» d'éclosion ont été réalisées en 1994 alors qu'il y avait un fort pourcentage de petites larves (90,55%) sur les plants et que les grosses larves venaient à peine d'apparaître. Les densités larvaires (6,750) étaient très élevées comparativement à celles observées dans les parcelles à stratégie conventionnelle (0,825). Pour ces dernières, les densités étaient si basses lors de la première application qu'elles nous amènent à croire qu'une faible proportion de toutes les larves produites par la première génération a été affectée par cette première application d'insecticides. Les densités de masses d'oeufs laissent entrevoir également qu'il restait moins de larves à apparaître lors de la première application dans les parcelles «boum» d'éclosion.

En 1995, une attente trop longue avant la réalisation de la première application associée à des températures moyennes plus élevées que pendant la même période en 1994

a résulté en des densités larvaires très élevées, composées surtout de grosses larves, dans les parcelles à stratégie «boum» d'éclosion. Le développement rapide des larves s'exprime aussi par le pourcentage des L3L4 et par les densités larvaires des parcelles conventionnelles, plus élevées en 1995 qu'en 1994 (Tableau 3). Les densités de masses d'oeufs étaient quant à elles plus faibles qu'en 1994 et de façon encore plus importante avec la stratégie «boum» d'éclosion.

### **Contrôle du ravageur**

Pour ce qui est de l'efficacité des deux stratégies relativement aux densités larvaires, à la défoliation et aux rendements, les résultats sont quelque peu différents selon la saison. En 1994, la stratégie associée au «boum» d'éclosion s'est révélée plus performante quelque soit l'insecticide utilisé (Tableau 4). En effet, aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) n'a été enregistrée au niveau de ces trois variables entre les deux stratégies employées avec le même insecticide tout en nécessitant une application de moins avec la stratégie «boum» d'éclosion. Au niveau des densités larvaires, ces résultats sont illustrés par les courbes de densités de petites et de grosses larves présentées aux Figures 2 et 3. Sur celles-ci, on voit bien que les deux courbes associées aux traitements utilisant le même insecticide se suivent de très près tout au long de la saison. On remarque également que les L1L2 sont très nombreuses au début de la floraison alors que les L3L4 sont à leur maximum de densité pendant cette période. Comme on peut le remarquer sur ces deux figures, les applications recommandées selon la stratégie «boum» d'éclosion correspondent à un maximum de petites larves observés sur les plants, ce qui n'est pas le cas pour la première application

recommandée selon la stratégie conventionnelle. La stratégie «boum» d'éclosion empêche donc les grosses larves de causer des dommages importants lors de la période où les plants sont le plus sensible à la défoliation (Shields et Wyman 1984; Boiteau 1988; Mailloux et Bostanian 1989) sans avoir recours à de multiples applications.

Comparativement à la saison 1994, la stratégie «boum» d'éclosion des oeufs s'est révélée un peu moins performante au cours de la saison 1995, et ce, quelque soit l'insecticide utilisé (Tableau 5). En effet, les indices de défoliation avec la stratégie «boum» d'éclosion en juillet et août sont moins stables et légèrement supérieurs à la stratégie conventionnelle. De même, les rendements sont en général légèrement à la baisse comparativement à la stratégie conventionnelle. L'emploi de la stratégie «boum» d'éclosion a tout de même nécessité une application d'insecticides de moins. Au niveau des densités, les différences sont moins grandes, mais il demeure qu'il y a une tendance qui semble démontrer que la stratégie conventionnelle aurait maintenu les densités larvaires à des niveaux plus bas (Tableau 5 et Fig. 4 et 5). Ainsi, une application trop tardive avec le «boum» d'éclosion, causé par la pluie par exemple, entraîne un risque non encouru avec la stratégie conventionnelle qui est plus sécuritaire à ce niveau. Une densité en général plus faible de petites larves en 1995 (Fig. 4) comparativement à 1994 illustre encore le développement rapide des larves vers les stades L3L4 dû aux températures élevées de cette saison. Il est à noter que suite à une date de semis plus tardive en 1995, la présence maximale des grosses larves ne coïncide pas avec la période de floraison.

### Utilisation des degrés-jours

Le nombre de degrés-jours calculé du début de la ponte jusqu'au «boum» d'éclosion est assez différent d'une année à l'autre et selon le seuil thermique utilisé (Tableau 6). L'emploi du seuil de 10° C nous donne une moyenne de  $89,16 \pm 9,19$  D-J alors qu'avec le seuil de 5° C on obtient une valeur moyenne de  $132,5 \pm 8,61$  D-J. L'utilisation de ces deux seuils thermiques donne donc des résultats aussi fiables mais très en deça de ceux obtenus par Zehnder et al. (1992) qui était d'environ 186 D-J avec un seuil de 10° C.

On peut déduire des résultats obtenus que la différence au niveau du pourcentage de petites larves au moment de la première application entre les deux saisons est intimement liée au temps d'attente plus long, entre le «boum» d'éclosion et la première application, combiné à des températures (donc à des valeurs de D-J) plus élevées en 1995 pendant l'éclosion des oeufs (température moyenne 1994 = 19,03° C; température moyenne 1995 = 21,07° C).

Cette interrelation de facteurs (% L1L2 - temps d'attente - degrés-jours) produit de façon claire un effet sur les densités larvaires et sur la défoliation comme on a pu le constater par les résultats obtenus en 1995 comparativement à 1994 pour ces deux variables (tableaux 4 et 5).

La stratégie «boum» d'éclosion a donc permis, en 1994, d'obtenir, au niveau des densités larvaires et de la défoliation, des résultats semblables à la stratégie conventionnelle tout en utilisant une application d'insecticides de moins. Le temps d'attente trop long par rapport aux températures enregistrées pendant l'éclosion est certes le facteur qui a empêché



la réédition de ces résultats en 1995. Toutefois, même en 1995, la stratégie «boum» a, malgré tout, nécessité une application d'insecticides de moins. D'ailleurs, en ramenant le temps d'attente à 6 jours, comme en 1994, le pourcentage de petites larves, en 1995, passe déjà à 40% alors que l'on aurait obtenu un nombre cumulatif de degrés-jours égal à 158,2 avec le seuil de 10° C et de 228,2 avec le seuil de 5° C à cette date. De plus, en utilisant le nombre de degrés-jours obtenu en 1994, soit 135, l'application d'insecticides aurait été recommandée, en 1995, le 15/07 alors que le pourcentage de L1L2 était d'environ 60%. Il serait donc possible d'ajuster notre temps d'attente en fonction d'un nombre de degrés-jours qu'on devra valider dans le futur.

L'importance évidente que devra prendre les degrés-jours dans l'utilisation éventuelle de la méthode «boum» d'éclosion en champs commerciaux n'est donc plus à démontrer. Par contre, il semble difficile, à la lumière de nos résultats, de choisir entre les deux seuils thermiques suggérés. Aucun des deux seuils ne nous permet d'ailleurs d'approcher les valeurs obtenues en Virginie par Zehnder et al. en 1992 avec un seuil de 10° C. Ceci nous amène à proposer l'hypothèse selon laquelle les doryphores plus nordiques auraient un besoin en degrés-jours moindre pour atteindre les différents stades et compléter leur développement que ceux plus au sud. Ceci pourrait être vérifié par des expériences à venir qui permettraient également de choisir le seuil thermique le plus avantageux.

Grâce aux parcelles sans application d'insecticides, où trois vagues d'identification ont été réalisées (Tableau 7), nous avons également pu observer que l'utilisation de la méthode «boum» d'éclosion requiert l'observation précise du début de la ponte que ce soit

pour l'emploi du temps d'attente de 6 à 9 jours ou des degrés-jours. En effet, lorsque l'identification est faite au tout début de la ponte, la proportion de petites larves est beaucoup plus grande que lorsque l'identification est faite plus tardivement (Tableau 7). Par contre, la densité de masses d'oeufs restant à éclore est plus grande lors de la première identification mais celles-ci ont tout de même fini d'augmenter. Il semble donc que l'identification des masses d'oeufs dès le début de la ponte et l'observation de ce début de ponte soit des conditions essentielles à une utilisation efficace du «boum» d'éclosion.

Avant d'utiliser la méthode «boum» d'éclosion de façon commerciale, plusieurs étapes restent bien sûr à franchir. La méthode devra être essayée dans des conditions de cultures plus habituelle, ce qui permettrait une mise au point plus élaborée. On devra, entre autre, éviter de laisser un trop grand pourcentage de grosses larves apparaître sur les plants avant de réaliser la première application, ajuster le temps d'attente après le «boum» en fonction des températures enregistrées et/ou valider un nombre de degrés-jours constant qui pourrait être utilisé pour prévoir l'application d'insecticides. Tout ceci devra être fait lors de tests effectués en champs commerciaux.

## **Conclusion**

Notre étude a permis de démontrer que la stratégie «boum» d'éclosion pouvait, dans certaines conditions, permettre de diminuer le nombre d'applications d'insecticides utilisé dans une saison peu importe le type de produits, en intervenant au moment optimum sur les petites larves. De plus, une économie de temps de dépistage peut être envisagée par l'utilisation des abris pour suivre l'éclosion des masses d'oeufs ainsi que par l'emploi

éventuel des degrés-jours. Le potentiel de la méthode «boum» d'éclosion semble donc démontré.

### **Remerciements**

Cette étude a été rendue possible grâce à la participation du BNMLA en 1994, d'Agriculture Canada, station de St-Jean-sur-Richelieu, en 1995 et du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, pour les deux saisons, par le biais du programme d'innovations technologiques. Nous désirons les remercier sincèrement de leur participation.

## Références

- Boiteau, G. 1986. Timing of insecticide spray applications against larvae of the Colorado potato beetle. *Pesticide Research Report*. p.87.
- Boiteau, G. 1988. Timing of insecticide applications for the control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), (Coleoptera: Chrysomelidae), on potato in New Brunswick. *The Canadian Entomologist*. 120: 587-591.
- Cloutier, C., C. Hébert et F. Bauduin. 1993. Distribution, biologie saisonnière et dynamique des populations du doryphore de la pomme de terre au Québec. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire. Agriculture Canada - Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. 40 pp.
- Duchesne, R.M., et C. Jean. 1993. Évaluation de l'efficacité de différentes approches d'intervention utilisées contre le doryphore de la pomme de terre. Rapport du service de phytotechnie de Québec, Direction de la recherche et du développement, MAPAQ. Rapport interne. 30 pp.
- Ferro, D.N., J.A. Logan, R.H. Voss, et J.S. Elkington. 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates.

*Environnemental Entomology*. 14: 343-348.

Forgash, A.J. 1984. History, evolution, and consequence of insecticide resistance. *Pesticide Biochemistry physiology*. 22: 178-186.

Hare, J.D. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology*. 35: 81-100.

Jean, C., et R.M. Duchesne. 1994. Doryphore de la pomme de terre: un ennemi en voie d'être vaincu! *Antennae*. 1(2): 5-9.

Logan, P.A., et R.A. Casagrande. 1980. Predicting Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say) density and potato yield loss. *Environnemental Entomology*. 9: 659-663.

Logan, P.A., R.A. Casagrande, H.H. Faubert, et F.A. Drummond. 1985. Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environnemental Entomology*. 14: 275-283.

Mailloux, G., et N.J. Bostanian. 1989. Effect of manual defoliation on potato yield at

maximum abundance of different stages of Colorado potato beetles *Leptinotarsa decemlineata* (Say), in the field. *Journal of Agricultural Entomology*. **6**: 217-226.

Roush, R.T., C.W. Hoy, D.N. Ferro, et W.M. Tingey. 1990. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Influence of crop rotation and insecticide use. *Journal of Economic Entomology*. **83**(2): 315-319.

SAS Institute. 1985. SAS user's guide: Statistics. SAS Institute, Gary, N.C. 1674 pp.

Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin éditeur. Chicoutimi, Canada. 850 pp.

Shields, E.J., et J.A. Wyman. 1984. Effect of defoliation at specific growth stages on potato yields. *Journal of Economic Entomology*. **77**: 1194-1199.

Weber, D.C., et D.N. Ferro. 1994. Movement of overwintered Colorado potato beetles in the field. *Journal of Agricultural Entomology*. **11**(1): 17-27.

Zar, J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice-Hall inc. Englewood Cliffs, N-J. USA. 620 pp.

- Zehnder, G.W., et G.K. Evanylo. 1989. Influence of extent and timing of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) defoliation on potato tuber production in Eastern Virginia. *Journal of Economic Entomology*. 82(3): 948-953.
- Zehnder, G.W., et W.D. Gelernter. 1989. Activity of the M-ONE formulation of a new strain of *Bacillus thuringiensis* against the Colorado potato beetle (Coleoptera Chrysomelidae): relationship between susceptibility and insect life stage. *Journal of Economic Entomology*. 82: 756-761
- Zehnder, G.W., G.M. Ghidui, et J. Speese III. 1992. Use of occurrence of peak Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg hatch for timing of *Bacillus thuringiensis* spray applications in potatoes. *Journal of Economic Entomology*. 85(1): 281-288.



**Tableau 1.** Stratégies, insecticides et doses utilisés pour les deux saisons d'expérimentation.

Traitements	
1994	1995
1. Stratégie conventionnelle + M-Trak® (7,5 L/ha)	1. Stratégie conventionnelle + M-Trak® (7,5 L/ha)
2. Stratégie conventionnelle + Guthion® (1,7 L/ha)	2. Stratégie conventionnelle + Guthion® (1,7 L/ha)
3. Stratégie boum d'éclos. + M-Trak® (7,5 L/ha)	3. Stratégie conventionnelle + Novodor® (7,0 L/ha)
4. Stratégie boum d'éclos. + Guthion® (1,7 L/ha)	4. Stratégie boum d'éclos. + M-Trak® (7,5 L/ha)
5. Témoin, sans insecticide.	5. Stratégie boum d'éclos. + Guthion® (1,7 L/ha)
	6. Stratégie boum d'éclos. + Novodor® (7,0 L/ha)
	7. Témoin, sans insecticide.

**Tableau 2.** Dates d'application des insecticides selon les deux méthodes utilisées pour les saisons 1994 et 1995.

Stratégies	Dates d'application	
	1994	1995
Conventionnelle	04/07; 11/07; 16/07	11/07; 21/07; 27/07; 02/08; 10/08*
Boum d'éclosion	11/07; 16/07	21/07; 27/07; 20/08; 10/08*

\*Cette dernière application n'a été réalisée que pour les traitements utilisant l'insecticide Guthion®.

**Tableau 3.** Proportions moyennes de petites (L1L2) et de grosses larves (L3L4) au moment de la première application d'insecticides en regard des méthodes utilisées, pour les deux saisons d'expérimentation.

Années	Stratégies	Dates 1 <sup>ère</sup> appl.	% L1L2	% L3L4	Densités* larvaires	Densités* masses d'oeufs
1994	Conv.	04/07	100%	0%	0,825	1,650
	Boum	11/07	90,55%	9,45%	6,750	1,150
1995	Conv.	11/07	96,83%	3,17%	3,150	0,833
	Boum	21/07**	35,29%	64,71%	12,040	0,333

\* Densités moyennes par plant.

\*\* Dernière visite réalisée le 20/07.

**Tableau 4.** Évaluation des densités larvaires, de la défoliation et du rendement vendable en fonction des différents traitements insecticides pour 1994 en parcelles expérimentales.

Traitement Insecticide	Dose	Densité larvaire				Défoliation				Rendement (t/ha)
		juillet			août 01	juillet			août 08	
		07	14	21		11	19	26		
1. M-TRAK conventionnelle 3 applications	7,5L	0,5	3,6c	0,5c	3,1b	1,0	1,0c	1,0c	1,5c	38,44
2. GUTHION conventionnelle 3 applications	1,7L	1,4	13,1b	13,0b	8,8a	1,0	2,0b	4,2b	5,5b	29,79
3. M-TRAK boum d'éclosion 2 applications	7,5L	1,7	5,6c	0,8c	2,7b	1,0	1,0c	1,0c	1,2c	36,57
4. GUTHION boum d'éclosion 2 applications	1,7L	1,6	10,6b	13,6b	7,1a	1,0	2,0b	4,0b	5,0b	33,33
5. TÉMOIN 0 application	----	0,5	17,3a	20,5a	7,6a	1,0	2,5a	5,0a	6,2a	27,62

\* Les résultats sans lettre ou suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents, à un seuil de 0,05 (Waller-Duncan).

**Tableau 5.** Évaluation des densités larvaires, de la défoliation et du rendement vendable en fonction des différents traitements insecticides pour 1995 en parcelles expérimentales.

Traitement Insecticide	Dose	Densité larvaire				Défoliation				Rendement (t/ha)
		juillet			août	juillet		août		
		11	20	31	09	18	27	07	18	
1. M-TRAK conventionnelle 4 applications	7,5L	4,0	1,4c	0,0c	0,1b	1,0b	1,0c	1,0d	1,0d	32,54ab
2. GUTHION conventionnelle 5 applications	1,7L	1,8	8,2b	13,5b	5,4a	1,7a	2,5a	2,0c	3,0b	31,17ab
3. Novodor conventionnelle 4 applications	7,0L	3,7	1,6c	0,9c	0,3b	1,0b	1,0c	1,0d	1,0d	34,08a
4. M-TRAK boum d'éclosion 3 applications	7,5L	1,6	8,9b	0,9c	0,4b	1,7a	1,5bc	1,0d	1,5cd	31,04abc
5. GUTHION boum d'éclosion 4 applications	1,7L	4,1	13,1a	20,7a	5,6a	2,0a	3,0a	3,0b	4,0ab	27,43bc
6. Novodor boum d'éclosion 3 applications	7,0L	2,8	14,0a	2,7c	0,7b	2,2a	1,7b	1,0d	1,7c	32,22ab
7. TÉMOIN 0 application	----	2,1	8,1b	23,1a	6,2a	2,2a	2,7a	4,0a	5,0a	25,89c

\* Les résultats sans lettre ou suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents, à un seuil de 0,05 (Waller-Duncan)

**Tableau 6.** Degrés-jours accumulés lors du développement des oeufs de doryphores dans les parcelles expérimentales.

	Dates			D-J accumulés (base 10 <sup>0</sup> C )						D-J accumulés (base 5 <sup>0</sup> C)						
Événements	1994	1995	1995a	1994		1995		1995a		1994		1995		1995a		
Début de la ponte	27/06	05/07	18/06	P	O	I	N	T	D	E	D	É	P	A	R	T
Identification des masses d'oeufs	29/06	08/07	20/06	29,3		56,7		35,1		44,3		76,7		50,1		
Début de l'éclosion	02/07	07/07	24/06	60,6		43,5		72,6		90,6		58,5		107,6		
Boum d'éclosion	05/07	12/07	26/06	78,7		92,9		95,9		123,7		132,9		140,9		
1 <sup>ère</sup> application	11/07	21/07	-----*	135,5		188,2		-----		210,5		273,2		-----		

a: autres parcelles situées sur le même site pour lesquelles les masses d'oeufs ont également été suivies.

\* aucune application sur ces parcelles.

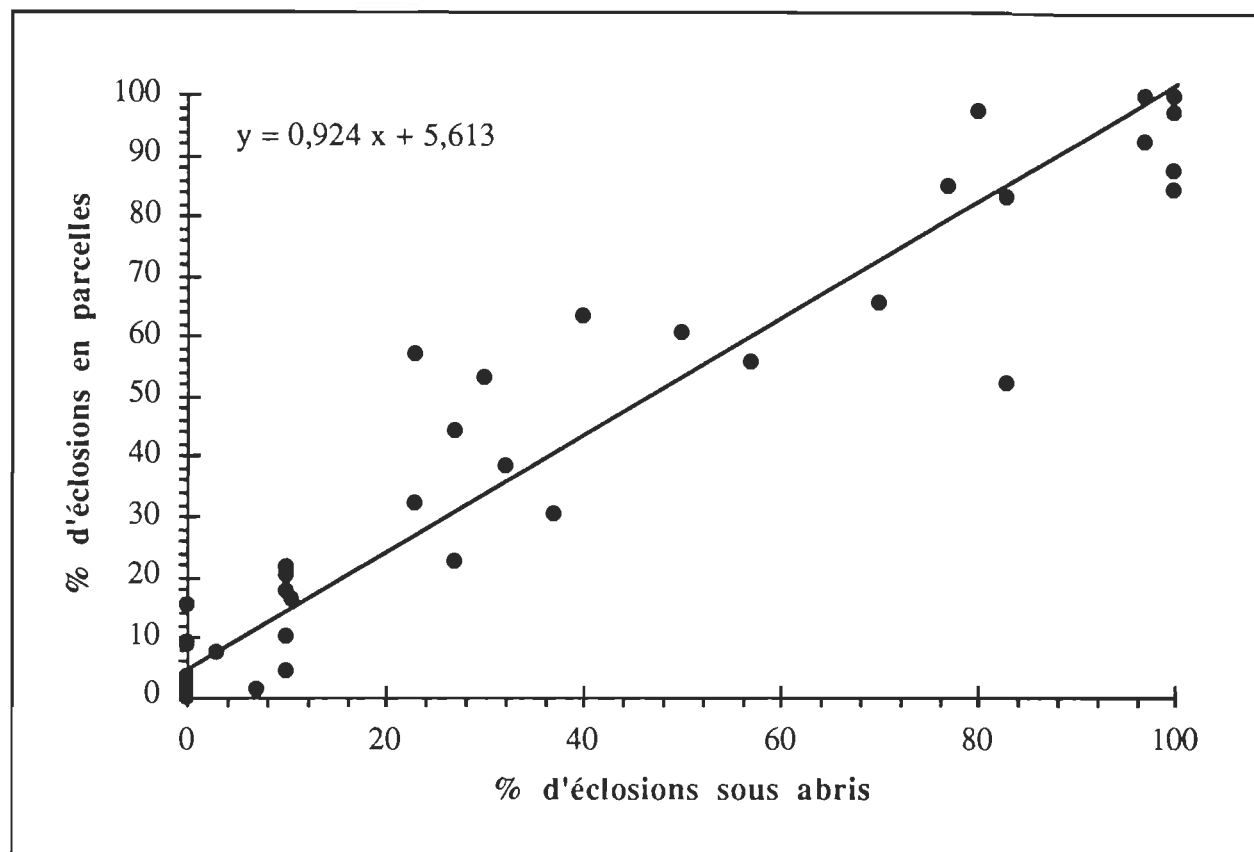
- En 1994, pour les deux groupes de parcelles, les événements se sont produit aux mêmes dates donc les résultats n'ont pas été séparés comme en 1995.

**Tableau 7.** Comparaison des densités moyennes de masses d'oeufs, de petites et de grosses larves ainsi que du pourcentage de petites larves présentes dans les parcelles pour différents événements survenus lors des trois échantillonnages de masses d'oeufs pour les deux saisons.

Événement	Première identification					Deuxième identification					Troisième identification				
	dates	L1L2	L3L4	%L1L2	oeufs	dates	L1L2	L3L4	%L1L2	oeufs	dates	L1L2	L3L4	%L1L2	oeufs
<b>1994</b>															
Identification	29/06	0	0	---	1,15	05/07	1,69	0	100	1,98	12/07	12,66	1,26	91	1,64
Début éclos.	01/07	0,82	0	100	1,77	08/07	7,18	0,63	92	1,81	13/07	26,04	4,53	85	1,31
«Boum» d'éclo.	04/07	1,25	0	100	1,88	11/07	12,66	1,26	91	1,64	15/07	39,41	7,80	84	0,98
1 <sup>ère</sup> applic.*	11/07	12,66	1,26	91	1,64	18/07	30,59	15,79	65	0,50	23/07	13,28	31,12	30	0
135 D-J	12/07	19,35	2,90	87	1,48	18/07	30,59	15,79	65	0,50	23/07	13,28	31,12	30	0
<b>1995</b>															
Identification	20/06	0	0	---	1,76	27/06	4,31	0	100	5,25	04/07	31,32	10,43	75	2,38
Début éclos.	24/06	0,41	0	100	3,91	30/06	15,51	2,73	85	4,29	06/07	30,36	23,16	57	1,74
«Boum» d'éclo.	26/06	4,31	0	100	5,25	02/07	31,32	10,43	75	2,38	08/07	25,76	40,47	39	1,25
1 <sup>ère</sup> applic.*	03/07	31,32	10,43	75	2,38	09/07	18,11	54,95	25	0,67	15/07		D N D		
135 D-J	30/06	15,51	2,73	85	4,29	07/07	25,75	40,47	39	1,25	14/07		D N D		

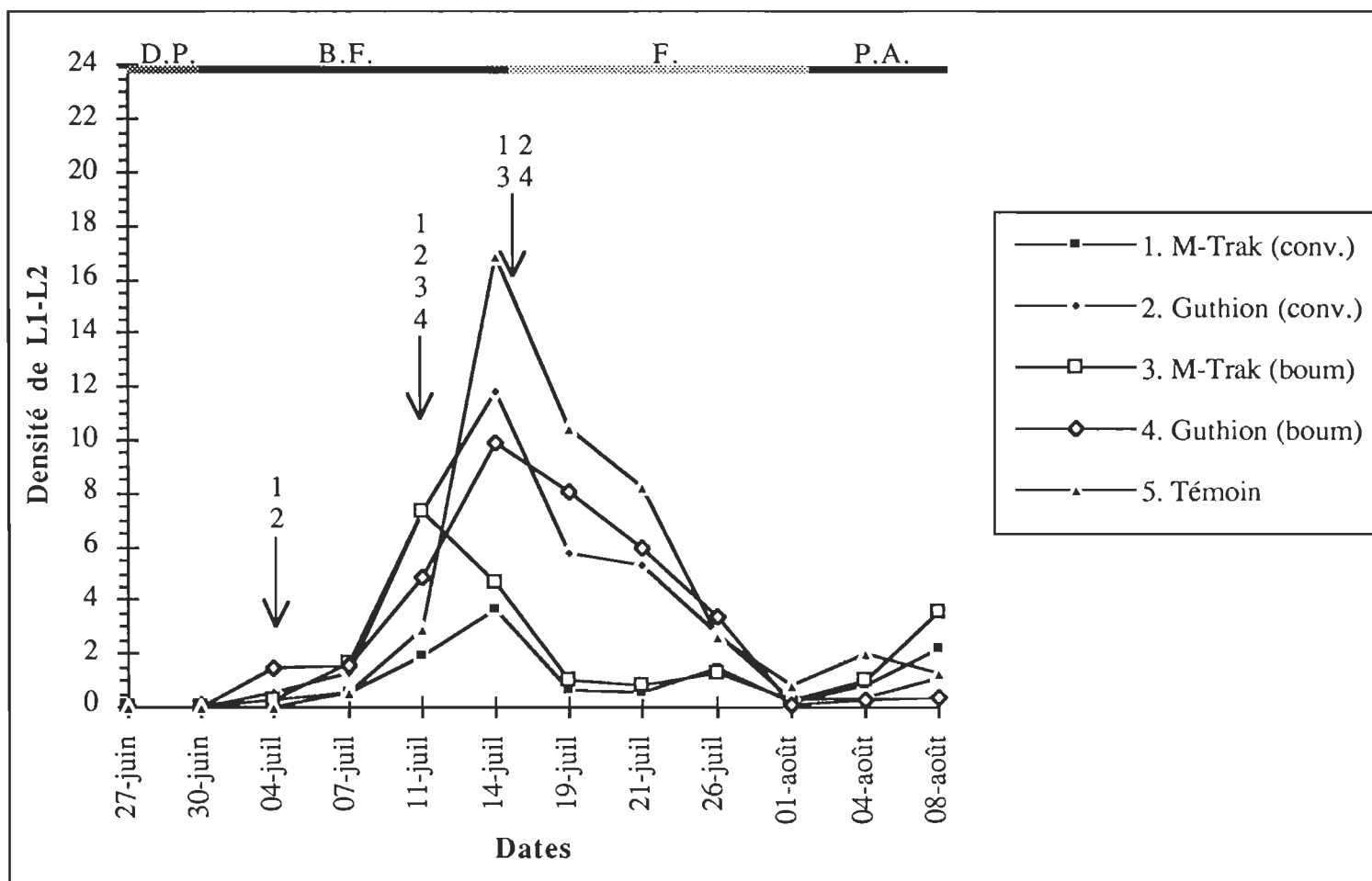
\* Date à laquelle la première application aurait été réalisée selon le temps d'attente de 6 à 9 jours.

- Pour les identifications 2 et 3, le début de la ponte correspond à la date d'identification.

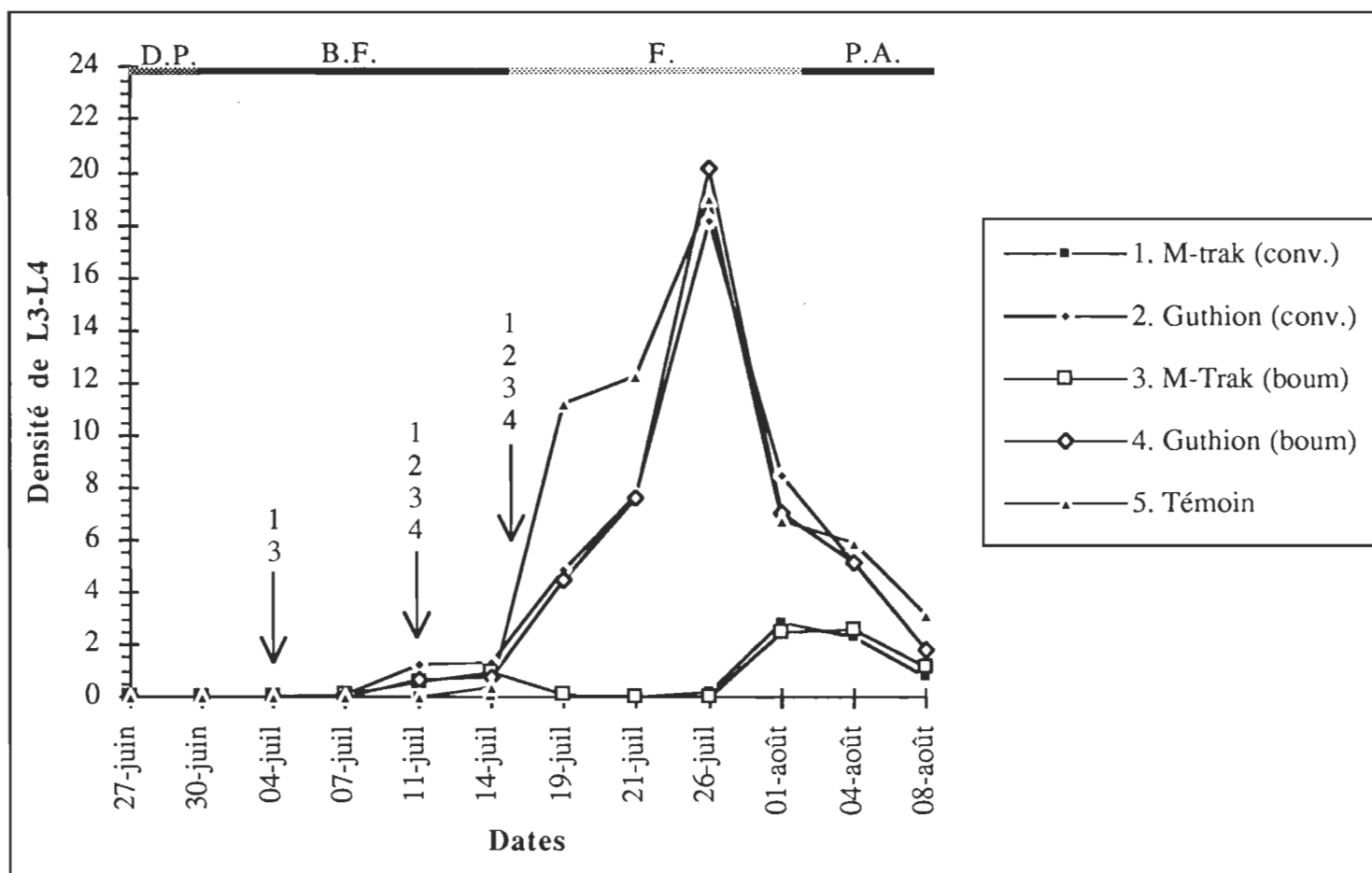


**Figure 1.** Relation entre les pourcentages d'éclosions des masses d'oeufs identifiées et observées dans les parcelles en regard des masses d'oeufs suivies dans les abris.  $R^2 = 0,93$ .

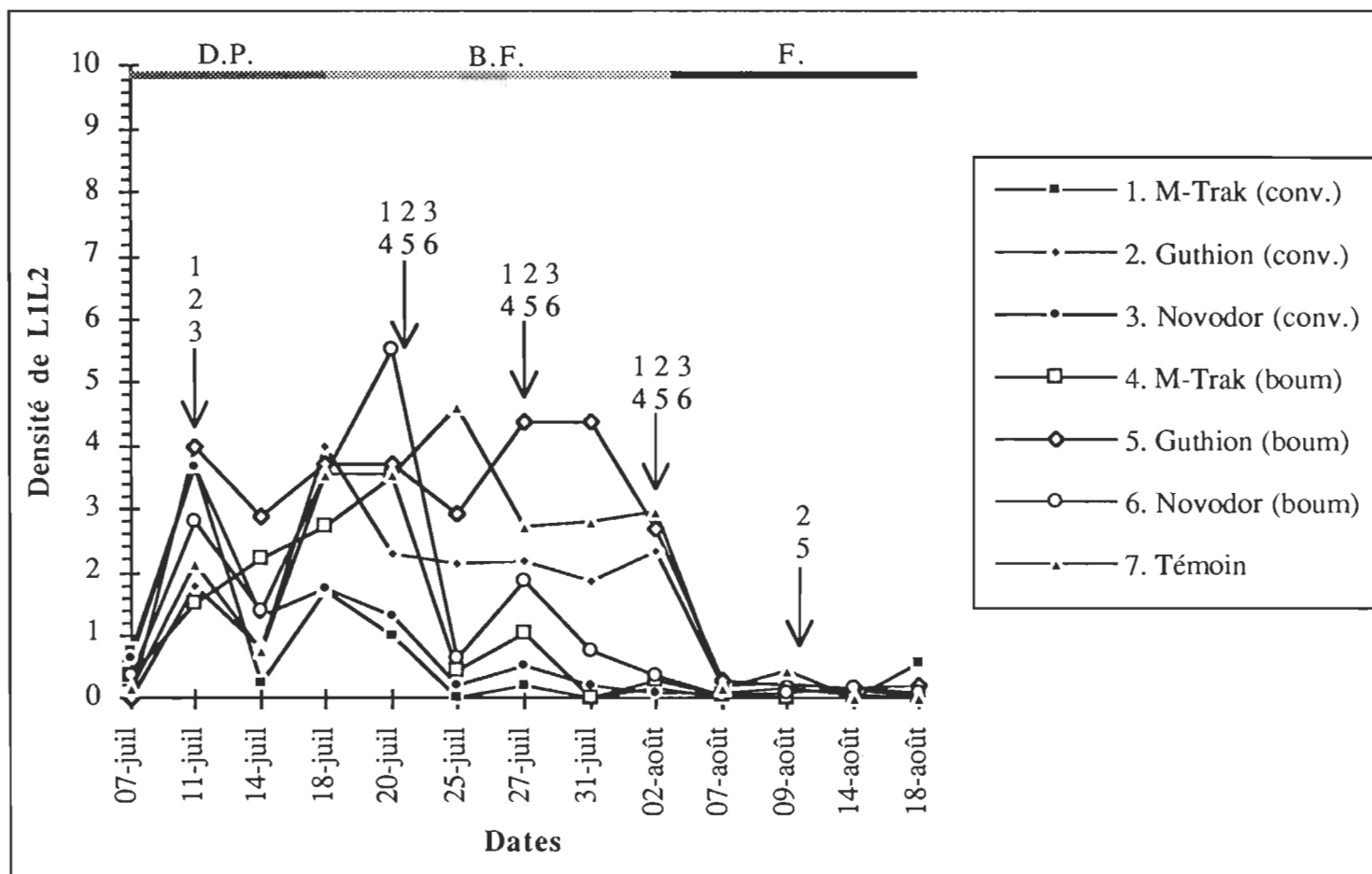




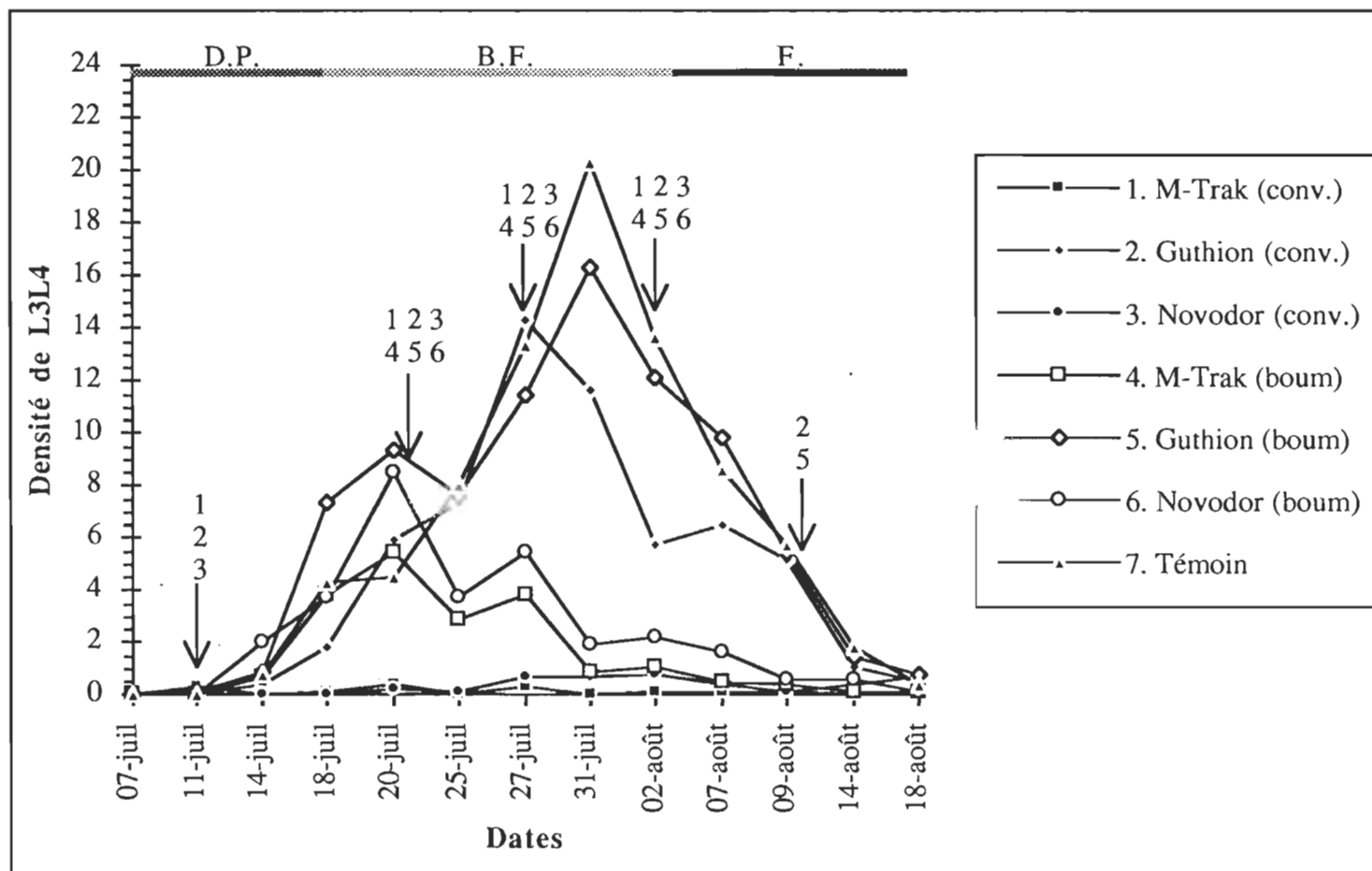
**Figure 2.** Courbes exprimant l'évolution, au cours de la saison 1994, des densités moyennes de petites larves de doryphores retrouvées dans les parcelles soumises aux différents traitements. Les flèches indiquent les applications d'insecticides pour les traitements numérotés au-dessus de celles-ci. (D.P.: différenciation des plants, B.F.: bouton floral, F.: floraison, P.A.: plants adultes).



**Figure 3.** Courbes exprimant l'évolution, au cours de la saison 1994, des densités moyennes de grosses larves de doryphores retrouvées dans les parcelles soumises aux différents traitements. Les flèches indiquent les applications d'insecticides pour les traitements numérotés au-dessus de celles-ci. (D.P.: différenciation des plants, B.F.: bouton floral, F.: floraison, P.A.: plants adultes).



**Figure 4.** Courbes exprimant l'évolution, au cours de la saison 1995, des densités moyennes de petites larves de doryphores retrouvées dans les parcelles soumises aux différents traitements. Les flèches indiquent les applications d'insecticides pour les traitements numérotés au-dessus de celles-ci. (D.P.: différenciation des plants, B.F.: bouton floral, F.: floraison)



**Figure 5.** Courbes exprimant l'évolution, au cours de la saison 1995, des densités moyennes de grosses larves de doryphores retrouvées dans les parcelles soumises aux différents traitements. Les flèches indiquent les applications d'insecticides pour les traitements numérotés au-dessus de celles-ci. (D.P.: différenciation des plants, B.F.: bouton floral, F.: floraison)

## CHAPITRE 3

### APPLICATION EN CHAMPS COMMERCIAUX D'UNE STRATEGIE D'INTERVENTION BASEE SUR LE «BOUM» D'ECLOSION DES MASSES D'OEUF DU DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)

DEPARTEMENT DE CHIMIE-BIOLOGIE, UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES,  
C.P. 500, TROIS-RIVIERES (QUEBEC), CANADA \ G9A 5H7

#### Résumé

La première intervention contre les jeunes larves du doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* Say est problématique de par la petite taille de celles-ci qui les rend difficiles à repérer, par le faible dommage qu'elles causent aux plants à ce stade et par une période d'éclosion dont la durée varie avec les saisons. Suite à des travaux récents, il a été suggéré que le «boum» d'éclosion des oeufs pourrait être utilisé comme principal indice à partir duquel serait déterminée la période optimale de réalisation de la première

application d'insecticides contre les petites larves du doryphore. La méthode «boum» d'éclosion a été comparée, en champs commerciaux, à une stratégie conventionnelle d'intervention utilisant les densités larvaires (seuil de 3 à 5 unités larvaires) pour la recommandation des applications d'insecticides au cours des saisons 1994 et 1995 dans trois régions du Québec. En utilisant la méthode «boum» d'éclosion des oeufs, le temps alloué au dépistage des champs a été réduit, par le suivi des masses d'oeufs conservées sous abris près des sites, tout en procurant des résultats similaires à ceux obtenus avec la stratégie conventionnelle. L'éclosion des masses d'oeufs conservées sous abris se fait au même rythme que celles observées en champs et la proportion de grosses larves présentes sur les plants lors de la première application, réalisée selon la stratégie «boum» d'éclosion, est demeurée généralement sous les 20%. Enfin, un nombre moyen de  $184,95 \pm 20,34$  degrés-jours calculé entre le début de la ponte et la première application d'insecticides, au cours des deux saisons, nous amène à croire que l'utilisation des degrés-jours pourrait éventuellement permettre de prédire avec précision le moment optimal d'intervention contre les jeunes larves du doryphore.

## Introduction

La culture de la pomme de terre occupe 17 000 ha au Québec ce qui en fait une culture très importante économiquement (Jean et Duchesne 1994). Le doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* Say est le ravageur principal de cette culture au Québec et en Amérique du Nord (Hare 1990; Duchesne et Jean 1993; Weber et Ferro 1994). Il est un défoliateur très performant et son action entraîne inévitablement une diminution du rendement dans les cultures de pommes de terre (Zehnder et Evanylo 1989). Les coûts engendrés par sa répression seraient évalués entre 200\$ et 400\$ l'acre chaque année dans le nord-est des États-Unis (Roush et al. 1990) et entre 100 et 250 \$ l'hectare au Québec (évaluation pers.). Ainsi, la plus grande quantité de matières chimiques actives pour une culture au Québec, soit environ 25 000 kg (Jean et Duchesne 1994), est utilisée annuellement pour lutter contre ce ravageur car aucun produit n'est suffisamment efficace (Duchesne et Jean 1993). Cette constatation tient dans le fait que le doryphore a développé, avec les années, une résistance plus ou moins grande à toutes les classes majeures d'insecticides synthétiques modernes (Forgash 1984; Hare 1990; Jean et Duchesne 1994).

Les doryphores sont les plus dommageables lors des stades L3 et L4 de la première génération qui correspond à la période de floraison des plants. C'est à cette période que la défoliation, grande à ce moment, affecte le plus le rendement en pommes de terre (Shields et Wyman 1984; Boiteau 1988; Mailloux et Bostanian 1989). La lutte aux doryphores doit donc débuter dès l'apparition des petites larves afin de diminuer le nombre de celles qui parviendront aux stades L3 et L4 et causeront des dommages importants. Le problème

revient donc à déterminer le moment optimal pour l'application du premier traitement insecticide.

Dans les cultures commerciales, la plupart des traitements insecticides vont être faits, après recommandations des dépisteurs agricoles, selon la densité de doryphores présents sur les plants et la défoliation causées par ceux-ci. Pour la première intervention contre les petites larves, les dépisteurs agricoles mentionnent qu'il est plus ardu de déterminer la période optimale d'intervention étant donné qu'il n'est pas facile d'apercevoir les L1 et L2 et que la défoliation causée par celles-ci est relativement faible (Logan et al. 1985). Par ailleurs, il est raisonnable de croire que plus le premier traitement insecticide contre ces larves sera efficace, moins le doryphore causera de problèmes pour le reste de la saison.

Les résultats obtenus par le Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec en regard de la première intervention contre les petites larves (Duchesne et Jean 1993) appuient les travaux de Zehnder et al. publiés en 1992 qui laissent entrevoir la possibilité d'établir un moment d'intervention associé au développement des oeufs.

Dans leurs travaux, Zehnder et al. (1992) utilisent le «boum» d'éclosion des masses d'oeufs comme principal indice à partir duquel est déterminé le moment optimal d'intervention contre les jeunes larves. Ils ont été faits en vue d'une utilisation de *Bacillus thuringiensis* (M-ONE<sup>R</sup>) comme insecticide car celui-ci est surtout efficace contre les petites larves (Zehnder et Gelernter 1989). Nous croyons cependant que cette même approche peut



être appliquée avec les insecticides chimiques actuellement homologués au Canada. L'approche choisie pour cette étude, complémentaire à des travaux effectués en parcelles expérimentales, consiste donc à utiliser, en champs commerciaux, la méthode proposée par Zehnder et al. (1992) et de l'adapter aux conditions du Québec. Elle pourrait permettre d'avoir une meilleure gestion du doryphore et des insecticides tout en diminuant le nombre d'applications, les coûts de production et la quantité de matières actives déversées dans l'environnement. De plus, elle pourrait permettre, en plus d'un meilleur contrôle, une économie de temps de travail considérable pour les dépisteurs agricoles tout en diminuant le rythme de développement de la résistance de l'insecte par une exposition moindre de celui-ci aux insecticides (Roush et al. 1990).

L'expérience menée lors de cette étude a pour but de vérifier l'applicabilité de la méthode «boum» d'éclosion en champs commerciaux, d'en analyser l'efficacité et d'étudier la possibilité d'utiliser les degrés-jours (D-J) pour prédire l'observation du «boum» d'éclosion.

## Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée durant les saisons de culture 1994 et 1995. Les champs expérimentaux étaient situés chez des producteurs de pommes de terre adjoints au Réseau de dépistage agricole du centre du Québec (R.D.A.C.Q.) localisés dans différentes régions du Québec. En 1994, 9 champs ont été choisis dont 5 dans la région de Nicolet, 2 dans la région de Joliette et 2 dans le comté de Portneuf, alors qu'en 1995, 6 champs ont été retenus dans la région de Nicolet et 3 dans la région de Joliette. Les champs sélectionnés avaient 2 ans et plus en production de pommes de terre et leur degré d'infestation par les doryphores variait de moyen à élevé. La régie de culture de chaque champs comprenant les dates de semis, la fertilisation, le contrôle des mauvaises herbes ainsi que le choix et les modalités d'application des insecticides, était sous la responsabilité de leur propriétaire.

Chacun des champs était divisé en deux parties égales, répondant ainsi à une approche d'intervention différente soit une section où la stratégie «boum» d'éclosion était utilisée et une autre, dite conventionnelle, où l'application d'insecticides était recommandée selon la densité moyenne de larves retrouvées sur les plants.

Chacune des sections de champs était suivie par les dépisteurs du R.D.A.C.Q. pendant toute la saison de façon similaire mais indépendante. Les densités d'adultes, de masses d'oeufs, de petites (L1 + L2) et de grosses larves (L3 + L4) étaient évaluées deux fois par semaine sur 25 plants par section selon un transect en W. L'indice de dommage a été évalué pour trois périodes en saison soit au début de juillet, à la mi-juillet et au début d'août selon une échelle graduée de 0 à 5 (0-100% de défoliation). De plus, le stade

phénologique des plants de pommes de terre a été établi deux fois par semaine, de la levée jusqu'à la récolte.

Pour les sections de champs associées à la stratégie «boum» d'éclosion, un suivi particulier des masses d'oeufs a été effectué. Lorsque 10% à 20% des plants contenaient au moins une masse d'oeufs, 35 masses étaient directement identifiées dans le champ à l'aide de rubans colorés attachés à la feuille porteuse du plant concerné. Au même moment, 30 masses étaient recueillies et conservées près du champ dans un abri comme le proposent Zehnder et al. (1992). Ces abris permettaient de fournir une bonne aération aux masses d'oeufs tout en les protégeant des prédateurs et des intempéries. A chaque jour, ces masses d'oeufs étaient observées afin que l'on puisse établir le pourcentage d'éclosion et observer le «boum» d'éclosion (plus de 30% d'éclosion cumulative en 24 h.). Un plus grand nombre de masses d'oeufs ont été retenues en champs pour palier à la prédation possible. Les applications d'insecticides ont été effectuées 6 à 9 jours après l'observation du «boum» d'éclosion dans le champ.

Quant à la section de champ témoin, les applications d'insecticides y étaient recommandées lorsque l'on retrouvait une moyenne de 3 à 5 unités larvaires/plant (1 unité larvaire correspond à 5 petites larves ou à 1 grosse larve) dans le champ. Il est important de noter que le même insecticide était utilisé dans les deux sections de champ.

Enfin, la relation entre les degrés-jours et l'observation du «boum» d'éclosion a été étudiée. Des stations météorologiques automatiques (modèle Crio de Campbell Scientific Canada Corp.), situées dans chacune des régions ont permis d'obtenir les données de la

température de l'air nécessaires au calcul des degrés-jours. Les stations calculaient la température moyenne quotidienne à partir des valeurs de température de l'air qu'elles avaient enregistrées toutes les cinq secondes pendant la journée. L'accumulation des degrés-jours a été calculée de l'émergence des adultes printaniers jusqu'à l'observation du «boul» d'éclosion ainsi que du début de la ponte (1<sup>re</sup> observation de masses d'oeufs dans le champs) jusqu'à l'observation du «boul» d'éclosion. Le calcul de D-J a été effectué avec une température minimale de développement de 10° C (Logan et Casagrande 1980; Ferro et al. 1985) et de 5° C (Cloutier et al. 1993).

Les valeurs de densités d'adultes, de masses d'oeufs, de petites et de grosses larves ont été interprétées statistiquement à l'aide d'analyses de variance (ANOVA; SPSS inc.) et de tests non paramétriques permettant de comparer les valeurs obtenues avec chacune des méthodes pour chacun des champs (Zar 1974; Scherrer 1984).

## Résultats

### Utilisation des abris

Les pourcentages d'éclosion des masses d'oeufs maintenues sous abris s'apparentent beaucoup à ceux obtenus à l'aide des masses marquées sur des plants de pommes de terre dans les champs (Fig. 1). Avec un  $R^2 = 0,86$ , l'utilisation des abris pour le suivi des masses d'oeufs s'avère d'une fiabilité intéressante.

### Efficacité de l'approche

Comme on peut le voir au Tableau 1, les premières applications d'insecticides dans les sections «boum» d'éclosion ont été réalisées alors que le pourcentage de petites larves était très élevé et que peu de grosses larves se trouvaient sur les plants. De plus, le nombre de masses d'oeufs restantes, quoique parfois élevé, était, dans la majorité des cas, plus faible ou égal au moment de la première application que lors de la visite précédente. Ces deux éléments combinés nous permettent d'affirmer avec une certaine assurance que la méthode utilisant le «boum» d'éclosion recommande la première application contre les jeunes larves de manière optimale. En effet, il semble qu'à ce moment, le nombre de masses d'oeufs non éclos cesse d'augmenter, le pourcentage de L1L2 est très élevé et les L3L4 ne font que commencer leur apparition, ce qui permet de toucher un maximum de petites larves sans que les grosses n'aient pu provoquer de dégâts importants.

Le nombre moyen de jours d'attente entre l'observation du «boum» d'éclosion et la première application d'insecticides est également intéressant. Ce nombre est plus faible en 1995 (6,1 jours) qu'en 1994 (7,1 jours ou même 8,1 en retirant le champ lasg-9, pour

lequel l'application n'a pas été faite au moment opportun). Les pluies abondantes survenues pendant les périodes d'application en 1994 et qui ont retardé certaines d'entre-elles ainsi que le développement rapide du doryphore dû aux températures chaudes enregistrées pendant cette période en 1995, seraient responsables de cette différence.

Pour ce qui est de la comparaison des densités des différents stades de développement du doryphore entre la méthode «boum» d'éclosion et celle utilisant le seuil de 3-5 U.L. par plant, très peu de résultats concluants sont disponibles. D'abord, comme nous l'avons mentionné plus haut, plusieurs journées pluvieuses consécutives sont venues troubler la période d'application des premiers insecticides en 1994 et ce, dans toutes les régions suivies. Ce phénomène a annulé l'effet des insecticides, par délavement de ceux-ci, quelque soit la méthode de recommandation utilisée. Ce qui veut dire que les premières applications efficaces n'ont été réalisées que plusieurs jours après ce qui était normalement prévu. Il n'était donc plus possible de comparer la stratégie «boum» d'éclosion à celle du seuil de 3-5 U.L. car ces dernières n'avaient pu être utilisées correctement. C'est pour cette raison que les résultats apparaissent incomplets pour la saison 1994 (Tableau 2).

En 1995, les conditions météorologiques ont été plus clémentes et les applications d'insecticides ont pu être effectuées au moment opportun. On peut remarquer, tout comme en 1994 d'ailleurs, qu'il n'y a aucune différence significative dans les densités moyennes des différents stades avant la première application ( $p > 0,05$ ). Le degré d'infestation était donc sensiblement le même dans les deux sections des différents champs retenus. Cette fois, de façon totalement indépendante, les premières applications d'insecticides ont été

recommandées pour la même date selon les deux stratégies et ce, dans l'ensemble des champs suivis. Il ne pouvait donc pas y avoir de différences significatives ( $p > 0,05$ ) de densité entre les deux méthodes étant donné que pour chacun des champs, les deux sections avaient été traitées en même temps; c'est ce qui est exprimé par les données relatives à deux champs pris en exemple au Tableau 2. Il est à noter que les résultats de seulement trois champs sont présentés dans ce dernier tableau; l'ensemble des 18 champs a été analysé et des résultats semblables à ceux présentés dans ce dernier tableau, ont été obtenus. Les quelques rares différences significatives ( $p < 0,05$ ) enregistrées en 1995 sont évidemment attribuables à des facteurs autres que la stratégie utilisée pour recommander les applications d'insecticides.

### **Utilisation des degrés-jours**

Pour ce qui est des degrés-jours accumulés entre le début de la ponte et l'observation du «boum» d'éclosion, l'utilisation du seuil thermique de  $10^{\circ}\text{C}$  nous a permis d'obtenir des résultats intéressants et relativement stables (écart-type assez petit), sauf pour la région de Portneuf en 1994 (Tableau 3). Cette région n'a d'ailleurs pas bénéficié d'un suivi aussi rigoureux que les autres. Le nombre de D-J est légèrement plus élevé en 1995 tout en ayant généralement un écart-type de plus faible valeur. Les mêmes remarques peuvent s'appliquer au seuil thermique de  $5^{\circ}\text{C}$  sauf que certains éléments méritent d'être relevés. Ainsi, les différences entre les régions et les écart-types sont plus grands car même les journées dont la température moyenne est basse ont un effet important sur l'accumulation de D-J. De plus, en utilisant ce seuil thermique, on se rapproche beaucoup du résultat obtenu par

Zehnder et al. (1992) avec un seuil de 10° C qui était d'environ 186 D-J.

L'utilisation de l'intervalle «émergence des adultes - boum d'éclosion» donne des résultats intéressants quoique plus variables. Cette variabilité provient du fait que pour certains champs, la date d'émergence correspond à la première visite des champs alors que les plants étaient déjà levés, et que pour d'autres, celle-ci correspond à la date réelle d'émergence des doryphores qui peut précéder la levée des plants et même la date de semences dans certains cas. Dans ces circonstances, l'utilisation du seuil de 5° C s'avère être une cause de variabilité en elle-même; dans les faits, plus l'accumulation des D-J débute tôt en saison, plus les journées froides, qui ne sont pas comptabilisées avec le seuil de 10° C mais qui le sont à 5° C, sont nombreuses. Le nombre de D-J accumulés varie donc dans ce cas avec la date de la première observation des adultes ainsi qu'avec la date de semis.

Nous avons également pensé, *a posteriori*, qu'il serait très intéressant de calculer les D-J accumulés entre le début de la ponte et la réalisation de la première application d'insecticides. Cette dernière ayant, dans la majorité des cas, été recommandée au bon moment, comme nous l'avons affirmé précédemment (% de L1L2 et de L3L4), il devenait extrêmement intéressant d'éliminer la notion de «jours d'attente» entre l'observation du «boum» d'éclosion et la première application. Cette notion imprécise de journée est elle-même à l'origine de l'utilisation des D-J afin de diminuer l'imprécision due à l'utilisation du temps comme seul facteur déterminant du développement.

Les résultats présentés au Tableau 3 révèlent que cette dernière mesure est celle qui



nous fournit les valeurs les plus fiables. En incluant tous les champs dont les résultats complets étaient disponibles, on obtient une moyenne générale de  $177,80 \pm 34,71$  D-J (Tableau 3) mais en retirant du calcul le champ lasg-9, qui n'a bénéficié que d'une journée entre l'observation du «boum» et la première application, on obtient une moyenne pour 1994 de  $185,49 \pm 23,89$ , une moyenne pour 1995 de  $184,60 \pm 19,91$  et une moyenne générale de  $184,95 \pm 20,34$ . De cette façon, toutes les moyennes régionales se situent entre 178,49 et 187,65 D-J ce qui est fort intéressant.

## Discussion

### Utilisation des abris

Les résultats obtenus lors de cette expérience démontrent que l'utilisation des abris, pour le suivi du pourcentage d'éclosion des masses d'oeufs, permet une évaluation fiable de l'éclosion qui survient dans les champs. L'utilisation de cette méthode pourrait représenter une économie substantielle du temps de travail accordé au suivi des masses d'oeufs par les dépisteurs agricoles. De cette façon ces derniers n'auraient plus à se déplacer dans les champs pour suivre le développement des masses d'oeufs.

### Efficacité de l'approche

Nous avons également démontré que la méthode de dépistage utilisant le «boum» d'éclosion recommande les premières applications d'insecticides au moment optimale. Celles-ci ont d'ailleurs été réalisées lorsqu'un maximum de petites larves et un minimum de grosse larves (Tableau 1) étaient présentes sur les plants. Ainsi, Boiteau (1986) mentionne que les applications d'insecticides sont plus efficaces lorsqu'effectuées à la fin de l'émergence des petites larves et/ou au tout début de l'apparition des grosses. D'ailleurs, d'après les résultats présentés au Tableau 1, l'application d'insecticide devrait être effectuée de façon sécuritaire lorsque l'on retrouve de 5 à 15% de grosses larves sur les plants. Les comparaisons de densités pour 1995, présentées au Tableau 2, nous confirment encore que les recommandations suivant la stratégie «boum» d'éclosion ont été faites au bon moment car elles coïncident avec celles suivant le seuil théorique de 3-5 U.L. qui est utilisé depuis plusieurs années par le R.D.A.C.Q.. Les résultats confirment également la justesse de

l'écart de 6 à 9 jours d'attente, recommandé par Zehnder et al. (1992), entre le «boum» d'éclosion et la première application d'insecticides. Par contre, lors de saisons exceptionnellement chaudes, comme en 1995, cet intervalle devrait côtoyer les 4 à 7 jours pour être plus sécuritaire (Tableaux 1 et 4). Malheureusement, nous n'avons pu réussir à soustraire une application d'insecticides au total utilisé avec la méthode habituelle. Par contre, il est raisonnable de croire que sous des conditions météorologiques plus normales (l'été 1995 a été anormalement chaud et sec), qui amèneraient des périodes de pontes et d'éclosions plus étalées dans le temps, il serait possible de réduire le nombre d'applications d'insecticides à l'occasion.

### **Utilisation des degrés-jours**

Les résultats obtenus avec le seuil thermique de 10° C (Tableau 3) sont tout d'abord assez surprenants car les valeurs obtenues sont beaucoup plus basses que les 186 D-J rapportés par Zehnder et al. (1992) entre le début de la ponte et l'observation du «boum» d'éclosion. En utilisant le seuil de 5° C, les résultats se rapprochent bien de ceux de ces derniers auteurs mais l'écart-type devient alors plus grand ce qui enlève de la fiabilité à une éventuelle utilisation des D-J pour prédire l'observation du «boum». Aussi, étant donné que le développement du doryphore est plus lent sous des températures basses (Logan et al. 1985), l'utilisation du seuil thermique de 10° C élimine du calcul les journées fraîches à développement très lent qui auraient été comptabilisées avec le seuil de 5° C. De plus, si les doryphores du Québec n'avaient pas un seuil thermique de 5° C comme le proposent Cloutier et al. (1993) mais bien un seuil de 10° C (Logan et Casagrande 1980; Ferro et al.

1985), l'utilisation de ce seuil de développement nous induirait grandement en erreur lors des saisons plus fraîches. Ceci nous amène à proposer l'hypothèse selon laquelle les doryphores de nos régions auraient bien un seuil de développement thermique de  $10^{\circ}\text{C}$  mais où leur développement serait tout simplement plus rapide, à température égale, que celui de doryphores provenant de régions plus au sud. Ils se seraient adaptés à des saisons de cultures plus courtes en ayant besoin d'accumuler moins de D-J pour compléter leur cycle vital. Cela expliquerait les résultats obtenus avec le seuil de  $10^{\circ}\text{C}$  (Tableau 3).

Évidemment, l'emploi du début de la ponte comme point de départ au calcul des D-J complique un peu les choses car cela implique un suivi vigilant des champs en début de saison. Par contre, l'utilisation de l'émergence des adultes printaniers engendre d'autres problèmes. En effet, dans certains cas, les doryphores vont passer l'hiver enfouis directement dans le sol du champ suivi alors que dans d'autres cas, ils peuvent hiverner à une certaine distance de ce champ (bordure de boisé ou champs en rotation) (Weber et al. 1994). Cela vient complètement modifier la date d'arrivée des doryphores dans les champs, qui peut se faire avant la levée des plants ou lorsque ceux-ci sont bien établis, selon le cas. Ce phénomène amène donc une variation importante dans le calcul des D-J. Il nous apparaît plausible, malgré tout, de recommander l'utilisation du début de la ponte comme point de départ au calcul des degrés-jours.

Les résultats les plus intéressants au niveau des D-J proviennent des moyennes obtenues entre le début de la ponte et la première application d'insecticides. Rappelons qu'en retirant le champ lasg-9 du calcul, nous avons obtenu une moyenne générale de

184,95  $\pm$  20,34 D-J. L'utilisation de cette méthode de calcul des D-J pourrait, en plus d'être la plus fiable, s'avérer la plus utile. En effet, il est intéressant de pouvoir prédire l'observation du «boum» d'éclosion mais il reste toujours une part d'observations en champs à faire afin de prendre la décision d'appliquer un insecticide 6 à 9 jours après le «boum» comme il semble approprié de la faire (Tableau 1). D'ailleurs, en utilisant la moyenne de 185 D-J et en l'appliquant à chacun des champs, nous aurions pu faire quelques ajustements à la date de première application (Tableau 4), ce qui aurait, dans la plupart des cas, constitué une amélioration (pourcentage de L1L2 plus près de la proportion idéale de 90%) par rapport à ce qui a été fait en réalité (Tableau 1). Cette notion de jours d'attente peut donc être éliminée par cette dernière façon de calculer les D-J qui nous permet d'informer le producteur du moment opportun où il doit réaliser sa première application. Donc, les dépisteurs agricoles ou les producteurs n'auraient plus qu'à bien observer le début de la ponte et à calculer les D-J accumulés chaque jour pour déterminer la date où la première application serait nécessaire.

### **Comparaison avec d'autres approches**

Lorsque l'on compare la méthode «boum» d'éclosion aux autres méthodes de dépistage existantes pour le traitement des jeunes larves, que ce soit l'échantillonnage séquentiel (Martel et al. 1986), le seuil d'importance économique de 4, 6, ou 8 larves/tige (Mailloux et al. 1991), l'application dès l'apparition des premières petites larves ou l'utilisation du seuil de 3-5 U.L. du R.D.A.C.Q., un fait demeure toujours présent, l'on doit, dans tous les cas, faire une observation ou un décompte des densités de larves

présentes sur les plants. Au Tableau 5, on peut voir que plusieurs de ces méthodes recommandent une date d'application qui coïncide avec ce que le «boum» d'éclosion ou les 185 D-J recommandent. Toutefois, pour y arriver, un suivi beaucoup plus ardu a dû être effectué pour les méthodes utilisant un décompte de densités larvaires. De toute évidence, les petites larves sont difficiles à observer de façon sûre à cause de leur petite taille et du faible dommage qu'elles causent (Ferro et al. 1985; Zehnder et al. 1992). Ainsi, Martel et al. (1986) reconnaissent eux-mêmes que l'échantillonnage séquentiel a été mis au point pour le suivi des grosses larves et qu'il n'est précis que pour celles-ci car les jeunes larves sont extrêmement petites et qu'il est toujours difficile de les apercevoir dans les champs.

A court terme, la stratégie utilisant le «boum» d'éclosion pourra être intégrée facilement à un dépistage complet du doryphore étendu sur toute la saison de culture. Ce dépistage pourrait débiter, comme il se fait présentement par les réseaux de dépistage, par un suivi des densités d'adultes printaniers puis par l'observation du début de la ponte. L'observation du «boum» d'éclosion, à l'aide d'abris, suivie de 6 à 9 jours d'attente (lors de saisons normales) ou le calcul des degrés-jours jusqu'à l'obtention d'une valeur de 185 pourrait alors permettre d'effectuer une première application optimale d'insecticide contre les jeunes larves. Par la suite, pour les applications subséquentes, le dépistage régulier des champs, peu importe la méthode choisie, devra être fait pour le reste de la saison.

## **Conclusion**

A court terme, après avoir confirmé la validité des 185 D-J observés entre le début de la ponte et la première application d'insecticides, il sera probablement possible d'utiliser

seulement les D-J pour prévoir le moment optimal de la première intervention contre les jeunes larves du doryphore.

De cette manière, et même à court terme, il sera possible d'économiser du temps de travail aux dépisteurs qui pourront utiliser ce temps au contrôle des maladies et des autres ravageurs. Nous sommes donc en présence d'une méthode simple qui pourrait éventuellement permettre une diminution de la quantité d'insecticides utilisés contre les jeunes larves lors de fréquentes applications pouvant s'avérer plutôt inutiles.

### **Remerciements**

Nous voulons remercier tout d'abord le Réseau de dépistage agricole du centre du Québec pour le suivi des champs effectué par leurs dépisteurs agricoles de même que les producteurs pour l'accès aux champs. Cette étude a été rendue possible grâce à la participation du BNMLA en 1994, de la Station de recherche d'Agriculture Canada de St-Jean-sur-Richelieu en 1995 et du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, pour les deux saisons, par le biais du programme d'innovations technologiques. Nous désirons les remercier sincèrement de leur appui respectif.



## Références

- Boiteau, G. 1986. Timing of insecticide spray applications against larvae of the Colorado potato beetle. *Pesticide Research Report*. p.87.
- Boiteau, G. 1988. Timing of insecticide applications for the control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), (Coleoptera: Chrysomelidae), on potato in New Brunswick. *The Canadian Entomologist*. **120**: 587-591.
- Cloutier, C., C. Hébert, et F. Bauduin. 1993. Distribution, biologie saisonnière et dynamique des populations du doryphore de la pomme de terre au Québec. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire. Agriculture Canada - M.A.P.A.Q. 40 pp.
- Duchesne, R.M., et C. Jean. 1993. Évaluation de l'efficacité de différentes approches d'intervention utilisées contre le doryphore de la pomme de terre. Rapport du service de phytotechnie de Québec, Direction de la recherche et du développement, MAPAQ. Rapport interne. 30 pp.
- Ferro, D.N., J.A. Logan, R.H. Voss, et J.S. Elkington. 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates.

*Environnemental Entomology*. 14: 343-348.

Forgash, A.J. 1984. History, evolution, and consequence of insecticide resistance. *Pesticide Biochemistry Physiology*. 22: 178-186.

Hare, J.D. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology*. 35: 81-100.

Jean, C., et R.M. Duchesne. 1994. Doryphore de la pomme de terre: un ennemi en voie d'être vaincu! *Antennae*. 1: 5-9.

Logan, P.A., et R.A. Casagrande. 1980. Predicting Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) density and potato yield loss. *Environnemental Entomology*. 9: 659-663.

Logan, P.A., R.A. Casagrande, H.H. Faubert, et F.A. Drummond. 1985. Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environnemental Entomology*. 14: 275-283.

Mailloux, G., et N.J. Bostanian. 1989. Effect of manual defoliation on potato yield at

maximum abundance of different stages of Colorado potato beetles *Leptinotarsa decemlineata* (Say), in the field. *Journal of Agricultural Entomology*. **6**: 217-226.

Mailloux, G., M.R. Binns et N.J. Bostanian. 1991. Density yield relationships and economic injury level model for the Colorado potato beetle larvae on potatoes. *Ressource Population Ecology*. **33**: 101-113.

Martel, P., J. Belcourt, D. Choquette, et G. Boivi. 1986. Spatial dispersion and sequential sampling plan for Colorado potato beetle. *Journal of Economic Entomology*. **79**: 414-421.

Norusis, M.J./SPSS inc. 1993. SPSS for UNIX. Advance statistics, Release 5.0 Chicago, Illinois. 345 pp.

Roush, R.T., C.W. Hoy, D.N. Ferro, et W.M. Tingey. 1990. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Influence of crop rotation and insecticide use. *Journal of Economic Entomology*. **83**(2): 315-319.

Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin éditeur. Chicoutimi, Canada. 850 pp.

Shields, E.J., et J.A. Wyman. 1984. Effect of defoliation at specific growth stages on potato

yields. *Journal of Economic Entomology*. 77: 1194-1199.

Weber, D.C., et D.N. Ferro. 1994. Movement of overwintered Colorado potato beetles in the field. *Journal of Agricultural Entomology*. 11(1): 17-27.

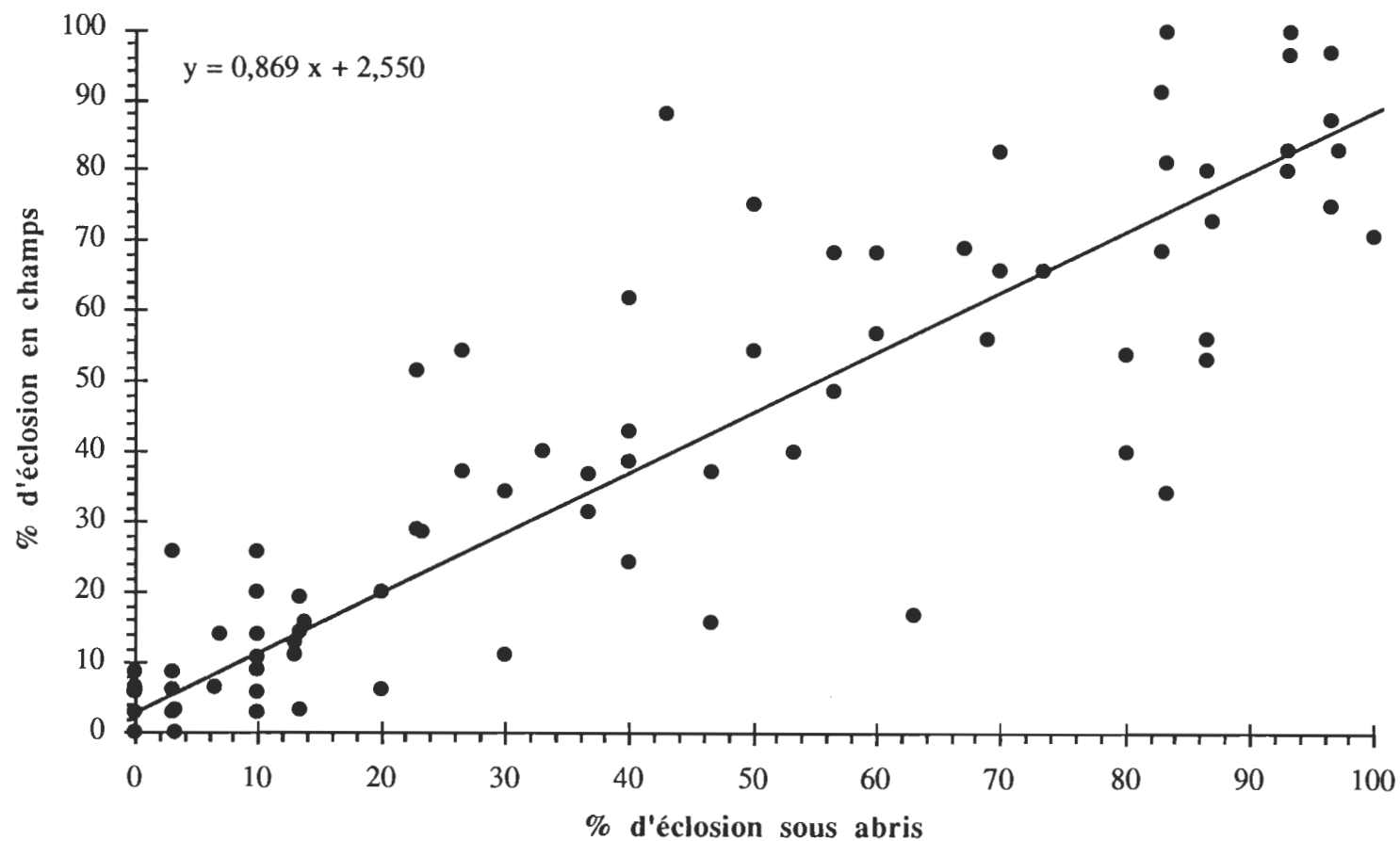
Weber, D.C., D.N. Ferro, J. Buonaccorsi, et R.V. Hazard. 1994. Disrupting spring colonization of Colorado potato beetle to nonrotate potato fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 73: 39-50.

Zar, J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice-Hall inc. Englewood Cliffs, N-J. USA. 620 pp.

Zehnder, G.W., et G.K. Evanylo. 1989. Influence of extent and timing of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) defoliation on potato tuber production in Eastern Virginia. *Journal of Economic Entomology*. 82(3): 948-953.

Zehnder, G.W., et W.D. Gelernter. 1989. Activity of the M-ONE formulation of a new strain of *Bacillus thuringiensis* against the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): relationship between susceptibility and insect life stage. *Journal of Economic Entomology* 82: 756-761.

Zehnder, G.W., G.M. Ghidui, et J. Speese III. 1992. Use of occurrence of peak Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg hatch for timing of *Bacillus thuringiensis* spray applications in potatoes. *Journal Economic Entomology*. **85**(1): 281-288.



**Figure 1.** Comparaison entre les pourcentages d'éclosions cumulatifs enregistrés sous abris et ceux obtenus en champs pendant les périodes estivales de 1994 et 1995 combinées.  $R^2 = 0,86$ .

**Tableau 1.** Proportions de petites et de grosses larves au moment de la première application d'insecticides pour chacun des champs suivis lors des deux saisons selon la stratégie «boum» d'éclosion.

Années	Champs	jours d'attente boum-1 <sup>ère</sup> appl.	dates 1 <sup>ère</sup> applic.*	% L1L2	% L3L4	Nb larves (25plants)	Nb masses d'oeufs restantes
1994	carc-b2	9	27/06	55	45	18	11
	carc-c2	13	23/06	100	0	11	13
	carc-d1	7	23/06	91	9	76	11
	carc-d2	9	23/06	96	4	52	4
	carc-d3	5	23/06	100	0	130	11
	goya-4	6	23/06	83	17	1180	57
	lasg-9	1	20/06	100	0	180	17
	genr-11		D N D				
	genr-13		D N D				
Moyenne		7,1		89,3	10,7	235	17,7
1995	carm-b	8	22/06	86	14	365	22
	carm-c3	5	22/06	80	20	176	24
	carm-h7	6	23/06	81	19	310	20
	carm-m3	6	26/06	99	1	258	48
	blof-10	5	22/06	77	23	464	8
	blof-d	5	19/06**	98	2	235	64
	mva-11	6	23/06	99	1	390	98
	mva-6	8	26/06	69	31	663	55
	stjo-1	6	26/06	100	0	225	77
Moyenne		6,1		87,7	12,3	342	46,2

\* Dates de la visite précédant la première application d'insecticides.

\*\* Application recommandée pour le 23/06 mais faite par erreur le 19/06.

- Les noms de champs correspondent aux abréviations utilisées par le R.D.A.C.Q.

**Tableau 2.** Comparaison des densités des différents stades larvaires du doryphore en fonction de la méthode de dépistage utilisée soit la stratégie «boum» d'éclosions et la stratégie conventionnelle respectivement pour quelques-uns des champs suivis en 1994 et 1995.

Années	Champs	Stades	Densité moy. avant 1 <sup>ère</sup> appl.	Densité moy. après 1 <sup>ère</sup> appl.	Densité moy. fin de saison
-boum d'éclosions					
- conventionnelle					
1994	carc-d3	adulte	0,48a 0,32a	----- -----	----- -----
		oeuf	0,44a 0,72a	----- -----	----- -----
		L1L2	4,84a 4,04a	----- -----	----- -----
		L3L4	0,00a 0,68a	----- -----	----- -----
		U.L.	0,96a 1,40b	----- -----	----- -----
1995	carm-m3	adulte	0,44a 0,32a	0 0	0,00a 0,32b
		oeuf	1,84a 1,52a	0,04a 0,12a	0 0
		L1L2	10,20a 11,00a	0 0	0 0
		L3L4	0,12a 0,00a	0,32a 0,44a	1,00a 0,08b
		U.L.	2,16a 2,20a	0,32a 0,44a	1,00a 0,08b
1995	blof-10	adulte	0,20a 0,56a	0 0	0,20a 0,16a
		oeuf	0,68a 0,52a	0,00a 0,08a	0 0
		L1L2	4,00a 2,60a	0,32a 0,64a	0,00a 0,12a
		L3L4	0,72a 0,32a	0,20a 0,20a	0,12a 0,44b
		U.L.	1,52a 0,84a	0,24a 0,32a	0,12a 0,44a

\* Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents à un seuil de 0,05 (Anova et Kruskal-Wallis).



**Tableau 3.** Accumulations moyennes de degrés-jours entre le début de la ponte et l'observation du «boum» d'éclosions, entre l'arrivée des adultes printaniers et l'observation du «boum» d'éclosions ainsi qu'entre le début de la ponte et la première application d'insecticide dans les régions étudiées pour les saisons 1994 et 1995. Des seuils de 10<sup>0</sup> C et de 5<sup>0</sup> C ont été utilisés pour le calcul des degrés-jours.

Régions	Début de la ponte - «boum»		Émergence des adultes - «boum»		Début de ponte - 1 <sup>ère</sup> appl.
	Degrés-jours moyen (Écart-type) base 10 <sup>0</sup> C	Degrés-jours moyen (Écart-type) base 5 <sup>0</sup> C	Degrés-jours moyen (Écart-type) base 10 <sup>0</sup> C	Degrés-jours moyen (Écart-type) base 5 <sup>0</sup> C	Degrés-jours moyen (Écart-type) base 10 <sup>0</sup> C
Nicolet '94 5 champs	107,57 (17,41)	157,57 (24,74)	141,24 (6,62)	222,24 (15,88)	185,35 (25,59)
Nicolet '95 6 champs	117,75 (20,06)	198,92 (28,01)	144,66 (27,78)	242,16 (43,81)	187,65 (14,19)
Joliette '94 2 champs	82,24 (31,59)	129,24 (69,78)	154,95 (33,15)	295,59 (133,05)	128,34 (81,76)
Joliette '95 3 champs	104,01 (14,35)	170,68 (21,79)	150,69 (70,61)	262,02 (137,82)	178,49 (31,59)
Portneuf '94 2 champs	129,99 (79,88)	204,99 (115,24)	193,17 (11,94)	308,17 (26,08)	D N D D N D
<b>Moy. '94</b> 9 champs	<b>106,92</b> <b>(36,87)</b>	<b>161,81</b> <b>(57,59)</b>	<b>155,83</b> <b>(25,67)</b>	<b>257,64</b> <b>(64,85)</b>	<b>169,06</b> <b>(48,21)</b>
<b>Moy. '95</b> 9 champs	<b>113,17</b> <b>(18,71)</b>	<b>188,17</b> <b>(27,95)</b>	<b>146,67</b> <b>(41,69)</b>	<b>248,78</b> <b>(77,76)</b>	<b>184,60</b> <b>(19,91)</b>
<b>Moyenne</b> tous les champs	<b>110,05</b> <b>(28,55)</b>	<b>174,99</b> <b>(45,96)</b>	<b>151,25</b> <b>(33,91)</b>	<b>253,21</b> <b>(69,61)</b>	<b>177,80</b> <b>(34,71)</b>

**Tableau 4.** Dates d'applications recommandées selon 185 D-J et leurs effets potentiels sur le contrôle du ravageur.

Champs	dates d'appli. 185 D-J	Jours d'attente après le «boum»	% L1L2 prob.*	Contrôle du ravageur
carc-b2	26/06	8	+**	+***
carc-c2	30/06	8	--	+
carc-d1	25/06	7	=	=
carc-d2	25/06	9	=	=
carc-d3	25/06	7	--	+
goya-4	21/06	5	+	+
lasg-9	02/07	11	--	+
carc-b	21/06	7	+	+
carc-c3	23/06	5	=	=
carc-h7	22/06	7	+	+
carc-m3	26/06	4	+	=
blof-10	20/06	3	+	+
blof-d	20/06	2	+	=
mva-11	26/06	8	--	=
mva-6	24/06	6	+	+
stjo-1	24/06	2	=	--

\* % L1L2 comparé aux résultats présentés au Tableau 1.

\*\* Les signes signifient que le pourcentage aurait été plus élevé (+), égale (=) ou moins élevé (--) qu'il ne l'était lors de la première application réelle.

\*\*\* Les signes signifient que le contrôle aurait été meilleur (+), égale (=) ou moins (--) efficace que celui effectué en réalité.

**Tableau 5.** Comparaison des dates pour la première application recommandée selon différentes méthodes de dépistage pour un champ de la région de Nicolet en 1995.

Méthodes de dépistage	Dates de première application.
Échantillonnage séquentiel	22/06
Seuil 4 larves/tige*	15/06
Seuil 6 larves/tige	19/06
Seuil 8 larves/tige	entre le 19/06 et le 22/06**
30% d'éclosion	15/06
Seuil 3-5 U.L.	22/06
«Boum» d'éclosion	22/06
185 degrés-jours	21/06

\* 1 tige = 1/4 plant

\*\* Données non disponibles entre ces deux dates.

## CHAPITRE 4

### CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude portant sur l'adaptation et l'application d'une méthode d'intervention basée sur le «boum» d'éclosion des oeufs du doryphore de la pomme de terre (Zehnder *et al.* 1992) s'inscrit dans la démarche du MAPAQ et des autres intervenants du milieu agricole visant à obtenir un meilleur contrôle des ravageurs et une meilleure gestion des insecticides. Les conclusions découlant de cette étude sont que:

- 1) l'utilisation des abris apparaît très fiable pour le suivi de l'éclosion des masses d'oeufs avec des valeurs de coefficient de corrélation égales à 0,93 et 0,86 au cours des deux expériences. Cette fiabilité amène une économie de temps de suivi des oeufs peu importe la méthode d'intervention utilisée et constitue le point de départ de l'utilisation de la méthode «boum» d'éclosion;
- 2) la méthode «boum» d'éclosion possède d'une efficacité intéressante: en général, nous avons obtenu les mêmes résultats qu'avec les méthodes conventionnelles (MAPAQ et/ou RDACQ). En particulier, d'une part, il semble possible en parcelles expérimentales, d'obtenir un aussi bon contrôle tout en diminuant le nombre d'applications d'insecticides sous des conditions (climatiques et de suivis) optimales; d'autre part, en champs commerciaux, la méthode nous a donné d'aussi bon résultats que la méthode conventionnelle (3 à 5 U.L.) tout en réduisant

le temps de dépistage, sans toutefois permettre la diminution du nombre d'applications;

3) l'utilisation d'un intervalle de 6 à 9 jours entre l'observation du «boum» d'éclosion et la réalisation de la première application d'insecticides semble tout aussi efficace sous les conditions du Québec, lorsque les conditions météorologiques sont normales, que dans les régions plus au sud suivies par Zehnder *et al.* (1992). Par contre, lors de saisons exceptionnellement chaudes, cet intervalle devrait être d'environ 4 à 7 jours pour demeurer sécuritaire (annexe, figure 5);

4) malgré qu'elles soient très différentes de celles obtenues par Zehnder *et al.* (1992), les valeurs de degrés-jours entre le début de la ponte et l'observation du «boum» d'éclosion sont relativement fiables et d'un grand intérêt;

5) l'intervale entre le début de la ponte et la première application d'insecticides semble, par sa constance, être la méthode de calcul permettant le mieux de développer un mode de recommandations optimales de la première application d'insecticides basée sur les degrés-jours. Ainsi en parcelles expérimentales, une valeur de 135 D-J a été enregistrée entre le début de la ponte et la première application d'insecticides, alors qu'en champs, une valeur moyenne de 185 D-J a été enregistrée au cours de cette même période. Les conditions particulières de chacun de ces milieux (ponte plus étendue en champs par exemple) étant probablement responsables de cette différence.

Cette étude a donc permis de comprendre que différents critères, comme l'observation du «boum» d'éclosion suivie de jours d'attente, une certaine proportion de petites larves (85

à 95%) ou le calcul des degrés-jours (jusqu'à une valeur de 185 D-J), peuvent être utilisés, selon les besoins et surtout selon les moyens, par les intervenants pour recommander les premières applications d'insecticides de façon sécuritaire (annexe, figure 5).

Cette approche, utilisant le «boum» d'éclosion associé aux degrés-jours, peut permettre une économie de temps de dépistage appréciable ainsi qu'une intervention optimale contre les jeunes larves du doryphore. A notre avis, cette étude vient donc répondre à un besoin pressant de mieux gérer l'utilisation des insecticides tout en conservant la priorité au contrôle des ravageurs. Le potentiel de cette stratégie étant démontré par cette étude, celle-ci pourra être introduite petit à petit dans les programmes de lutte jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement validée et prête à remplacer les stratégies conventionnelles dans les cultures commerciales.

## RÉFÉRENCES

- Duchesne, R.M., et C. Jean. 1993. Évaluation de l'efficacité de différentes approches d'intervention utilisées contre le doryphore de la pomme de terre. Rapport du service de phytotechnie de Québec, Direction de la recherche et du développement, MAPAQ. Rapport interne. 30 pp.
- Ferro, D.N., J.A. Logan, R.H. Voss, et J.S. Elkington. 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates. *Environmental Entomology*. 14: 343-348.
- Hare, J.D. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology*. 35: 81-100.
- Logan, P.A., R.A. Casgrande, H.H. Faubert, et F.A. Drummond. 1985. Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 14: 275-283.
- Radtke, W et W. Rieckmann. 1991. Maladies et Ravageurs de la pomme de terre.

Doryphore de la pomme de terre. *Traduit par Magnenat, M.* Editions Th. Mann. Gelsenkirchen-Buer. p. 109-112.

Weber, D.C. et D.N. Ferro. 1994. Colorado potato beetle: Diverse life history poses challenge to management. *in* Advances in potato pest, biology and management. Edité par Zehnder, G.W., M.L. Powelson, R.K. Jansson et K.V. Raman. APS Press, The American Phytopathological Society, St-Paul, Minnesota. 655 pp.

Zehnder, G.W., G.M. Ghidui, et J. Speese III. 1992. Use of occurrence of peak Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg hatch for timing of *Bacillus thuringiensis* spray applications in potatoes. *Journal Economic Entomology*. **85**(1): 281-288.



## **ANNEXE 1**

### **FIGURES COMPLEMENTAIRES**

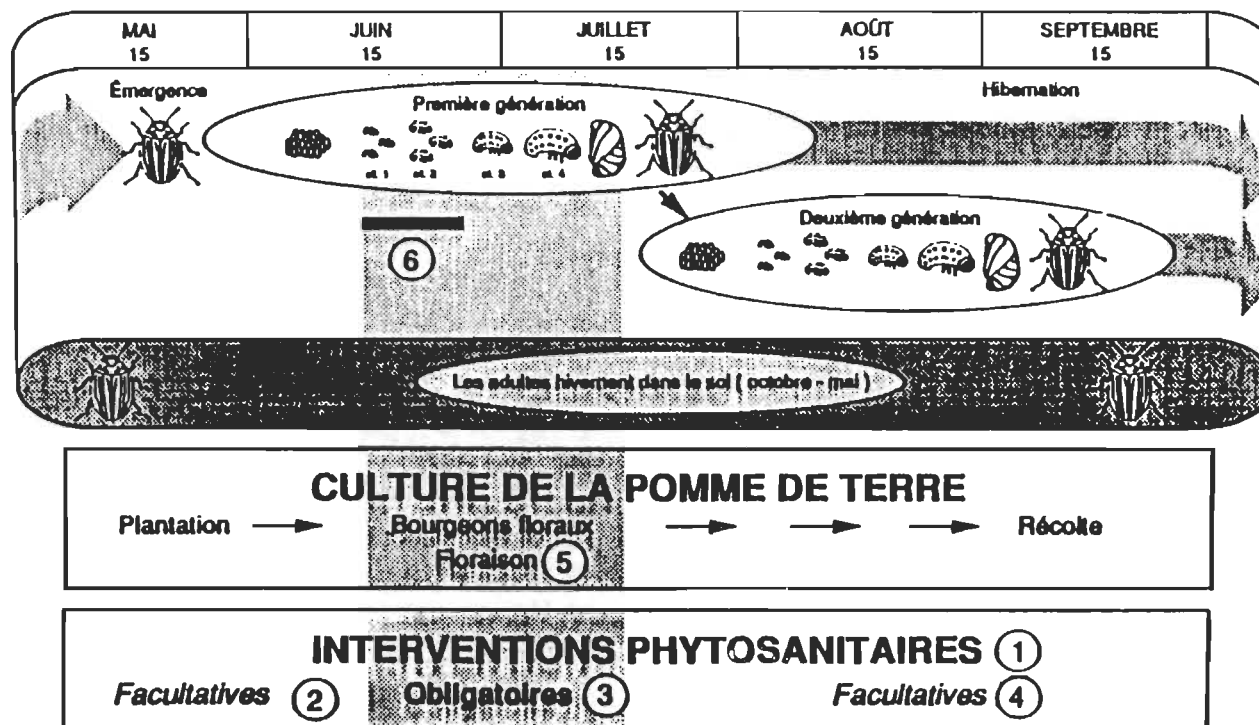
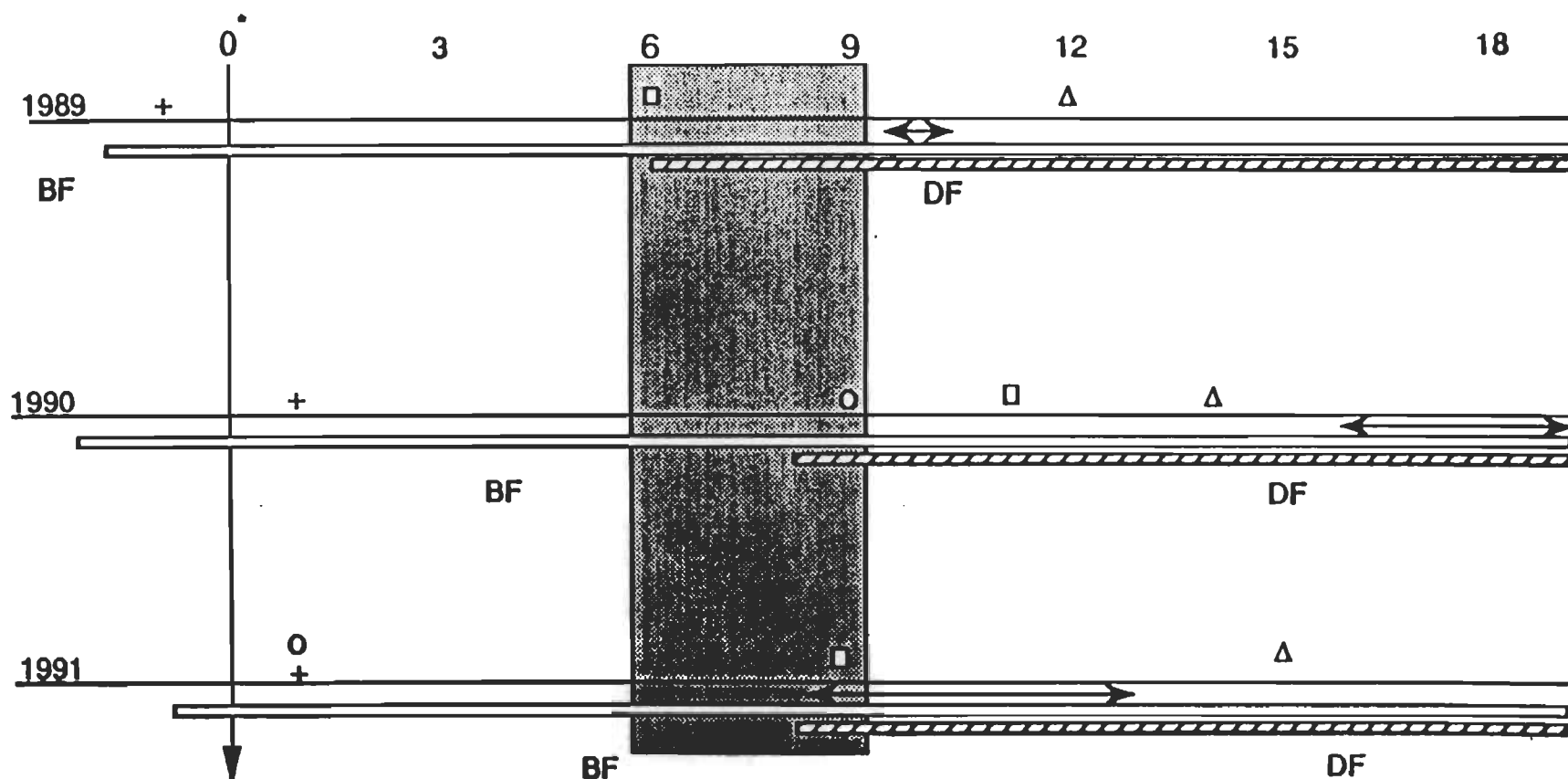


Schéma préparé par: Bernard Drouin, Service de phytotechnie de Québec, MAPAQ

**Figure 1: Schéma montrant le cycle vital du doryphore en relation avec différents événements se produisant dans la culture de la pomme de terre et les différents moments d'interventions phytosanitaires.**

Figure 2. Intégration des différents événements concernant les essais sur les seuils d'intervention effectués entre 1989 et 1991 au cadre d'intervention de Zehnder et al. (1992). Service de phytotechnie de Québec, MAPAQ



boom d'éclosion  
des masses d'œufs

Légende:

— présence de L12

▨ présence de L34

↔ pic des L12

• jours après boom d'éclosion

○ = 1er trait. 5L

□ = 1er trait. 5UL

Δ = 1er trait. défoliation

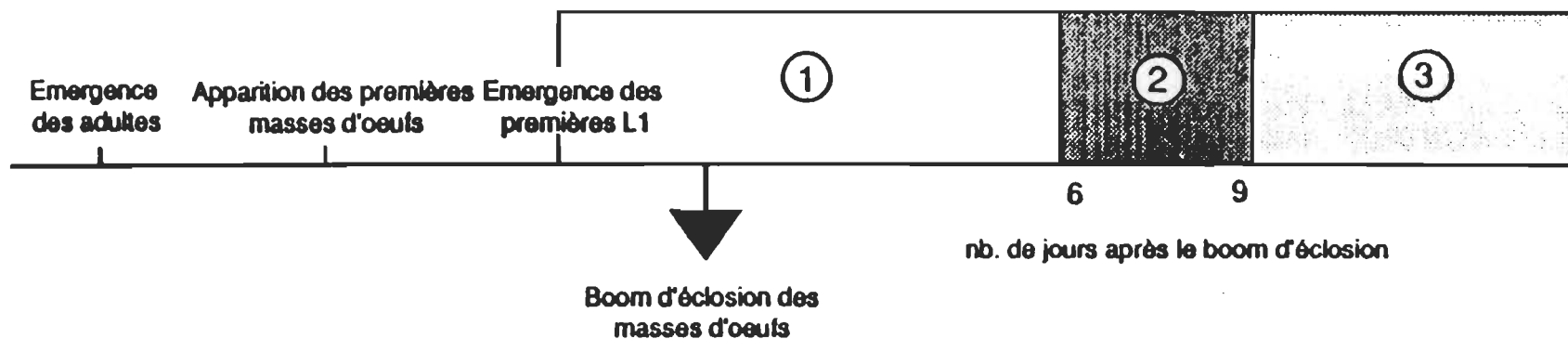
+ = 1er trait. émergence

BF = bourgeons floraux

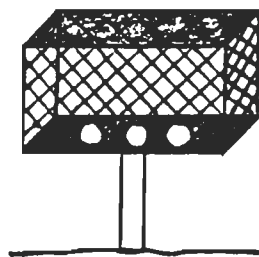
DF = début floraison

▨ = Période d'intervention  
selon Zehnder et al.

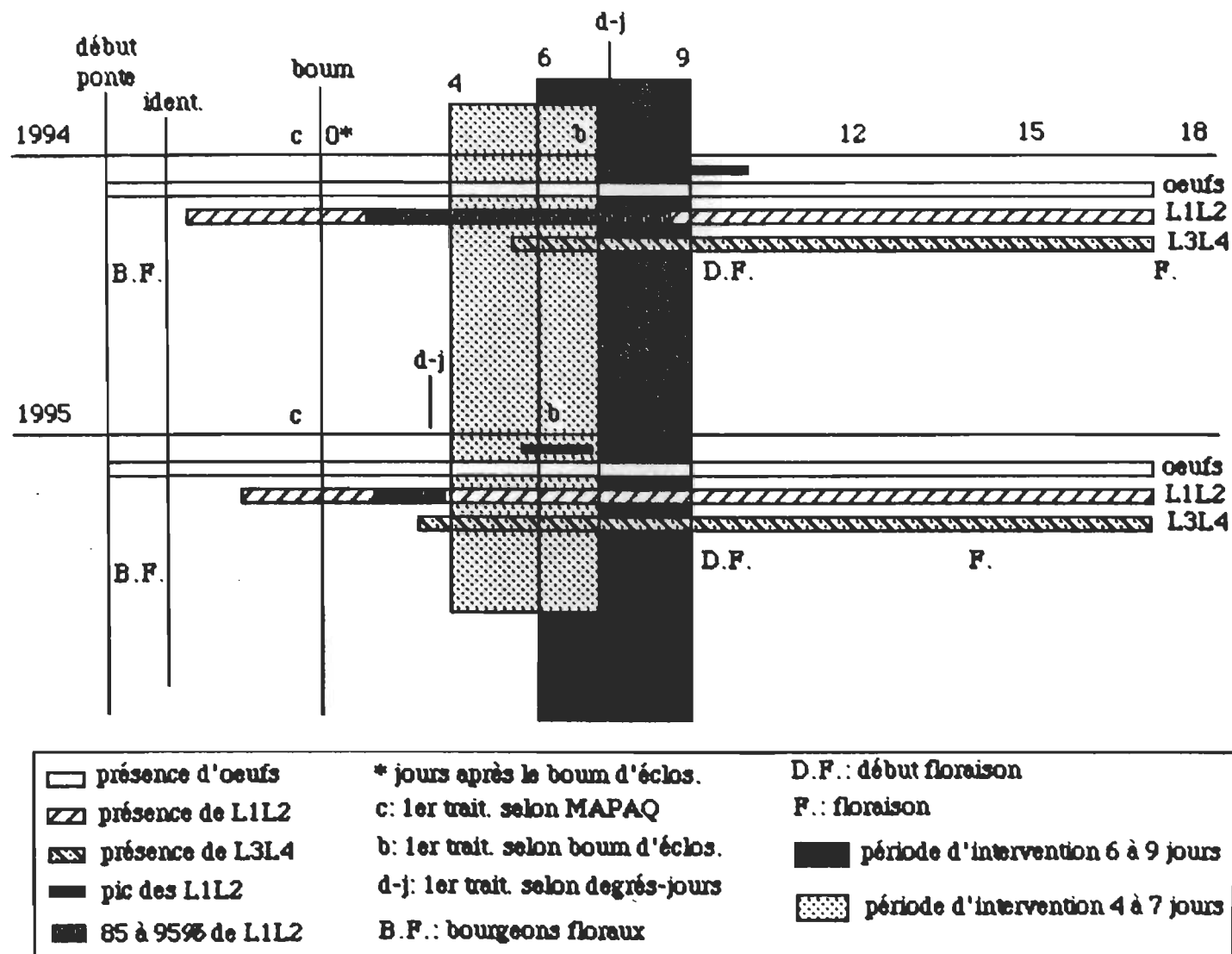
**Figure 3.** Représentation schématique des différentes périodes d'intervention possibles et des événements indicateurs de la période optimale de la première intervention contre le doryphore de la pomme de terre. Service de phytotechnie de Québec, MAPAQ



- ① Période d'intervention efficace, mais peu rentable parce que trop hâtive. Peut constituer un traitement en surplus.
- ② Période optimale de traitement, efficace et rentable.
- ③ Période d'intervention peu sécuritaire, peu efficace et peu rentable parce que trop tardive. Les grosses larves sont plus abondantes.



**Figure 4.** Schéma d'un abri pour les Pétris contenant les masses d'oeufs.



**Figure 5.** Résumé des différents événements en fonction des périodes d'interventions selon certains critères.

## **ANNEXE 2**

### **DIRECTIVES AUX AUTEURS**

Ci-joint les directives aux auteurs pour la revue *The Canadian Entomologist* pour les articles présentés aux chapitre 2 et 3.

### *The Canadian Entomologist*

#### DIRECTIVES AUX AUTEURS

(Les *Mémoires de la Société d'Entomologie du Canada* sont sujets aux mêmes normes et règles de révision que les articles du journal *The Canadian Entomologist*, sauf qu'un style plus libre est permis; la Société publie des "Festschrift", des comptes-rendus de symposiums de la Société, des numéros commémoratifs etc., mais seulement dans la série des *Mémoires*.)

*Les manuscrits doivent être adressés au Rédacteur Scientifique approprié*  
(adresse sous la page couverture)

**Généralités.** Les articles peuvent être publiés en Français ou en Anglais. Au moins l'un des auteurs doit être membre en bonne et due forme de la Société. L'article ne doit pas avoir été soumis pour publication antérieure ou simultanée dans une autre revue. Le texte doit être aussi concis que possible et tout matériel non essentiel à la compréhension du thème général de l'article doit être omis. Les auteurs sont encouragés fortement de remettre les spécimens types à un institut reconnu afin de documenter l'identité des organismes étudiés, et d'indiquer ces dépôts dans leurs articles.

**Texte.** Le manuscrit doit être dactylographié ou produit par imprimante de qualité lettre, entièrement à double interligne (incluant renvois au bas de page, titres des tableaux et figures, synonymies et listes bibliographiques), au recto du papier seulement, et en laissant des marges d'au moins 25 mm à gauche, au haut et au bas. L'utilisation de papier à manuscrit avec lignes numérotées est encouragée car elle facilite le travail de révision. Veuillez soumettre l'original et deux copies du manuscrit, chacune avec une copie claire de toutes les illustrations. Les auteurs doivent garder une copie du manuscrit et tous les originaux des illustrations. La position approximative des tableaux et des figures doit être indiquée dans le manuscrit. L'orthographe doit être conforme à l'usage prescrit par un dictionnaire réputé. Sauf dans une citation, il faut donner les dates sous la forme "1 avril 1981", "28 juin", etc. Dans le texte, les renvois aux figures doivent être faits sous la forme "Fig. 1", "Figs. 5-7", etc. Les citations de travaux publiés doivent être faites sous l'une ou l'autre des formes suivantes: "Cartier (1981) a montré...", "(Cartier 1981)", "(Walker 1976, 1978)", ou "(Walker 1976; Allen 1977a, 1977b)". Les renvois au bas de page doivent être gardés au strict minimum. Lorsqu'essentiels, ils doivent apparaître au bas de la page même où ils sont faits et être séparés du texte par une ligne. Les autorités scientifiques doivent apparaître pour tous les taxons des niveaux du genre et de l'espèce mentionnés au titre, de même qu'à la première mention qui en est faite au résumé et dans le texte.

Les abréviations et symboles de mots, phrases, termes et toponymes doivent si possible être ceux recommandés par le *CBE Style Manual*, 5th edition, 1983 (Council of Biology Editors, Inc., Bethesda, MD, USA). Les toponymes ne doivent pas être abrégés s'ils font partie du titre ou de l'adresse des auteurs. Le Système International d'Unités (SI) doit être utilisé pour les poids et mesures. Utilisez le glossaire de Torre-Bueno (1989 ou une édition plus récente) comme source de définition des termes d'entomologie (en anglais).

**Soulignage.** Les mots en caractères italiques devraient apparaître en italiques ou être soulignés d'un seul trait. Les mots destinés à apparaître en majuscules doivent être tapés en majuscules dans le manuscrit.

Les articles taxonomiques doivent être rédigés de façon conforme à ceux qui paraissent couramment dans le journal, spécialement en ce qui concerne la synonymie (voir *Can. Ent.* 111: 1034-1035), les clés analytiques (111: 1037), et les listes de répartition (95: 604). Les entêtes secondaires ne doivent pas être en italiques. Les auteurs sont priés de placer tout nouveau taxon (espèce, genre) dans un contexte approprié; en autant que possible, on doit fournir une clé ou une version modifiée d'une clé.

**Résumé.** Les articles de plus de deux pages dactylographiées, à l'exception des notes scientifiques, doivent débiter par un résumé dont la longueur devrait être d'environ 3 % de celle du texte sans toutefois dépasser 300 mots. Ne pas inclure de sommaire en plus du résumé. L'ajout d'une traduction du résumé en Anglais est encouragée et accélère la publication; il devrait être fourni avec le manuscrit soit à la soumission ou avec les révisions finales.

Les remerciements doivent être modérés et regroupés dans un paragraphe séparé apparaissant à la fin du texte.

Les références doivent être listées alphabétiquement par ordre d'auteur à la fin du texte et conformément au style utilisé couramment dans la revue. Dans la liste des références, les noms des revues périodiques ou en série doivent être écrits au long. Le titre complet de chaque référence doit apparaître, de même que les pages exactes, sauf dans le cas de livres. Ne pas mentionner de pages ou de figures en particulier dans la liste bibliographique. Si c'est nécessaire, le faire dans le texte de la façon suivante: "(Walker 1980, p. 30, fig. 6)". Ne pas référer à ses propres travaux non encore publiés sous la forme "article soumis" ou "article en préparation". Il faut plutôt énoncer simplement les résultats trouvés.



Les lettres de permission doivent être fournies pour toutes des "communications personnelles" citées par les auteurs. Ne pas inclure des "informations non publiées" ou des "communications personnelles" dans la liste bibliographique.

Les **tableaux** doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes et regroupés à la fin du texte, chacun sur une page séparée. Le titre doit être conforme aux normes du journal quant à la ponctuation et l'usage des majuscules, et doit expliquer clairement le contenu du tableau.

**Illustrations, généralités.** On doit soumettre trois copies claires de tous les dessins au trait et demi-teintes. Le nom de l'auteur, le titre de l'article et le numéro de la figure doivent être indiqués au dos de chaque illustration ou groupe d'illustrations. Les illustrations peuvent être soumises sous la forme d'imprimés photographiques réduits à des dimensions compatibles avec celles des pages du journal, ou encore sous la forme d'originaux devant être réduits d'au plus 2×, car une réduction par un facteur plus élevé causerait probablement une perte de détail. Les dessins au trait ne peuvent être combinés avec des photographies dans une même figure, bien que ces deux types d'illustrations préparées séparément peuvent être imprimées côte-à-côte sur une même page. Le lettrage devant faire partie intégrale d'une illustration doit être clairement séparé du titre. Celui-ci est monté en caractères d'imprimerie et doit être soumis séparément de l'illustration. Les originaux de toutes les illustrations ne devraient être expédiés qu'après acceptation du manuscrit pour publication, alors que des instructions seront fournies.

Les **dessins au trait** doivent être faits à l'encre de Chine ou par l'emploi de transferts, sur une pellicule blanche de bonne qualité. Ne pas soumettre de graphiques sur papier quadrillé sauf si le quadrillage est bleu pâle. La grosseur du lettrage, des symboles et des motifs d'ombrage doit être choisie de façon à éviter toute perte de résolution après réduction de l'original. Le lettrage doit être propre, uniforme et préparé avec soin.

Les originaux en demi-teintes doivent être des imprimés à fort contraste sur papier glacé. Les négatifs ou les photographies non montées ne sont pas acceptés. Lorsque plusieurs photographies doivent apparaître sur une même page, les différents imprimés doivent être numérotés et montés côte-à-côte sur un carton. Minimiser l'usage de lettrage afin d'assurer le maximum de clarté. Les négatifs doivent être retailés afin d'enlever toute partie blanche ou non essentielle, et ensuite agrandis de façon à ce que le sujet principal occupe le maximum d'espace.

Les **titres des figures** doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes et tapés en ordre à la fin du manuscrit, en accordant un paragraphe pour chaque page d'illustrations. Les titres doivent être soumis séparément des illustrations.

Des **notes scientifiques** ne dépassant pas deux pages imprimées sont acceptables. Elles sont sujettes aux mêmes normes que les articles sauf qu'un résumé n'apparaît pas. Il se peut qu'une partie d'une autre note scientifique apparaisse sur les tirés-à-part des notes.

**Révision des manuscrits.** Les manuscrits sont révisés par au moins deux réviseurs. C'est le Rédacteur Scientifique ou l'un des Rédacteurs Associés qui choisit les réviseurs dont les noms restent confidentiels. Tout article soumis sera accepté, rejeté ou retourné aux auteurs pour modification d'après les rapports des réviseurs. Les auteurs ont la possibilité de suggérer eux-mêmes des réviseurs compétents, et peuvent de plus informer la rédaction de toute révision ayant précédé la soumission en fournissant les noms des réviseurs et des copies de leurs commentaires. Dans le cas d'articles qui ont déjà été rejetés par d'autres revues, il faut inclure des copies des commentaires des réviseurs et des rédacteurs.

**Frais de publication.** Les frais de publication des articles paraissant dans *The Canadian Entomologist* sont de 30,00\$ par page imprimée. Ces frais couvrent aussi tous les éléments qui s'ajoutent au texte, à l'exception des illustrations en couleur, sauf si ces suppléments totalisent plus de 40 % des pages imprimées. Les illustrations en couleur sont à la charge entière des auteurs. Les chercheurs à la retraite et les entomologistes amateurs qui ne sont rattachés à aucune université ou institution officielle et qui devraient normalement payer les frais de publication eux-mêmes bien qu'ils soient dans l'impossibilité de la faire, peuvent demander de l'aide lors de la soumission de leur manuscrit. Seuls les membres de la Société d'Entomologie du Canada sont éligibles à une exemption des frais de publication.

Les frais de page pour les *Mémoires* sont de 45,00\$ par page imprimée.

Les tirés-à-part sont vendus à la centaine seulement aux prix suivants (dollars canadiens):

Nombre de pages	1-4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	25-28
100 copies	66\$	95\$	127\$	164\$	204\$	248\$	297\$
Chaque 100 de plus	22\$	29\$	35\$	43\$	48\$	56\$	64\$

Des réductions (jusqu'à 40 %) pourront être accordées aux auteurs qui certifieront au moment de commander qu'ils achètent des tirés-à-part à leurs frais. Les copies achetées personnellement par les auteurs en plus de celles achetées par leur institution, leur seront facturées aux tarifs applicables aux certaines additionnelles.